Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg

**Mémoire de soutenance de Diplôme d'Ingénieur INSA**
**Spécialité TOPOGRAPHIE**

# Etude d'opportunité de développement sur le marché de la Topographie des réseaux


Présenté le **20 Septembre 2013** par **Soufiane LAQBAYLI**

Réalisé au sein de l'entreprise : **Alpes Topo**
**16 Avenue Franklin Roosevelt**
**13600, La Ciotat**

Directeur de PFE :
**M. Jérôme Command**
**Directeur général**

Correcteurs :
**M. Pierre Grussenmeyer**
**M. Gilbert Ferhat**

# Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier vivement les deux frères associés de l'entreprise de Topographie Alpes Topo, Messieurs Jérôme et Philippe Command, pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser cet intéressant Projet de Fin d'Etudes au sein de leur structure, ainsi que pour leur confiance et leur suivi tout au long de la durée du projet.
Par ailleurs, je remercie plus particulièrement Jérôme Command d'avoir mis à ma disposition les moyens logistiques nécessaires à la réussite du stage, et d'avoir pris en considération l'ensemble de mes requêtes.

Je remercie également Pierre Grussenmeyer et Gilbert Ferhat, mes professeurs référents, pour les précieux conseils et remarques qu'ils m'ont fournis lors de ce PFE. Sans oublier l'administration de l'INSA de Strasbourg, pour le suivi et l'organisation des soutenances.

J'adresse un grand merci à Cédric Daures, responsable Alpes Topo Île-de-France (IDF), ainsi que tous les techniciens de l'entreprise pour leur accueil, leur disponibilité, et leur sens du partage. Par ailleurs, ils ont apporté une aide considérable pour l'aboutissement de ce projet dans ses différentes phases, notamment lors des expérimentations élaborées sur le matériel de détection et de géoréférencement des réseaux enterrés.

J'adresse mes remerciements à toutes les personnes qui m'ont présenté des contacts avec qui j'ai pu échanger pour enrichir ce PFE. Je cite ici, Martin Dubourg, Jérôme et Philippe Command, Cédric Daures et Cédric Monribot.

Par la même occasion, je tiens à remercier tous les responsables au sein des différents organismes en lien avec mon PFE, avec qui le contact régulier a permis d'apporter un regard critique sur le cadre réglementaire, et d'analyser l'impact de ce dernier sur leurs structures. Il s'agit de Christian Le-Loup de France Telecom, Caterine Sarmir, Thibault Keraro et Jean-Pierre Champault de la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain (CPCU), Michel Tranier et Antoine Bureau de GRDF, Françoit le-Devehat d'ERDF, Flavian Dalmas du bureau d'études et maîtrise d'œuvre Ingévalor, Gérard Bayon de Veolia Eau IDF (délégataire du SEDIF), Renaud de Carmantrand de la Société des Eaux de Marseille, Manuel Nardi de la Société Monégasque des Eaux (SMEAUX), Jean-Pierre Brazzini de la Fédération France Sans Tranchées Technologies (FSTT), et Hubert Brerot et Christophe Norgeot de la Fédération Nationale des Entreprises de Détection de Réseaux Enterrés (FNEDRE).

Je remercie également tous les ingénieurs de vente, les technico-commerciaux, ainsi que les scientifiques, avec qui une rencontre a été organisée pour approfondir le sujet des techniques et instruments de détection et de géoréférencement des réseaux enterrés, et pour juger la qualité des appareils qui s'en rapportent. C'est le cas de Samuel Sainte-Luce et Jérôme Xavier de MDS (GSSI), de Benoit Noel d'ABEM France (IDS), de Francis Lagache de T.D. Williamson (MALA), de Thierry Lecacheur de Radiodetection (SPX), de Stéphane Delafontaine de SEBA KMT (VIVAX METROTECH), d'Olivier Gérard de D3E Electronique, de Nicolas Schaller de Geotopo, Hubert Brerot de CPFD (Conseils Prestation Formation en détection de Canalisations enterrées), ainsi que des scientifiques Emeline Drouet et Louis Gorintin du Centre de Recherche & Innovation Gaz et Energies Nouvelles de GDF SUEZ (CRIGEN).

# Sommaire

**REMERCIEMENTS** ..... **- 1 -**

**SOMMAIRE** ..... **- 2 -**

**I. INTRODUCTION** ..... **- 4 -**

**I.1 - Présentation de l'entreprise d'accueil** ..... **- 4 -**
I.1.1 - Historique ..... - 4 -
I.1.2 - Organigramme simplifié ..... - 4 -
I.1.3 - Activités, clientèle et références ..... - 4 -
I.1.4 - Environnement socio-économique ..... - 5 -
I.1.5 - Alpes Topo IDF ..... - 5 -
I.1.6 - Sujet de l'étude et cadre de travail durant le PFE ..... - 5 -

**I.2 - Contexte et objectifs principaux de l'étude** ..... **- 6 -**

**II. CONTEXTE REGLEMENTAIRE** ..... **- 8 -**

**II.1 - Plan anti-endommagement** ..... **- 8 -**
II.1.1 - Réglementation antérieure et ses faiblesses ..... - 8 -
II.1.2 - Guichet Unique et spécifications ..... - 9 -
II.1.3 - Responsabilités des acteurs impactés par la nouvelle réforme ..... - 12 -
II.1.4 - Observatoire National et Observatoires Régionaux DT/DICT ..... - 14 -

**II.2 - Procédure DT/DICT** ..... **- 14 -**
II.2.1 - Qu'est-ce que la procédure DT/DICT ? ..... - 14 -
II.2.2 - Comment se passe la phase de l'exécution de travaux ? ..... - 17 -
II.2.3 - Quel est le rôle des relevés topographiques dans la procédure DT/DICT? ..... - 19 -
II.2.4 - Quels sont les délais à respecter dans le cadre de la procédure DT/DICT? ..... - 19 -

**II.3 - Bilan sur la procédure DT/DICT** ..... **- 20 -**
II.3.1 - Appréciation générale ..... - 20 -
II.3.2 - Avis des acteurs ..... - 20 -
II.3.3 - Avancées et difficultés de la réforme ..... - 22 -

**III. TECHNIQUES ET METHODOLOGIES DE DETECTION DES RESEAUX ENTERRES - 24 -**

**III.1 - Détection par des techniques destructives** ..... **- 24 -**

**III.2 - Détection par des techniques non-destructives** ..... **- 25 -**
III.2.1 - Détection électromagnétique ..... - 25 -
III.2.2 - Détection par géoradar ..... - 33 -
III.2.3 - Détection par impulsion acoustique ..... - 38 -

**IV. TESTS SUR DIFFERENTS INSTRUMENTS DE DETECTION ET DE GEOREFERENCEMENT DES RESEAUX ENTERRES** ..... **- 40 -**

**VI.1 - Première expérimentation** ..... **- 40 -**
VI.1.1- Déroulement de l'expérimentation et méthodologie mise en place ..... - 40 -
VI.1.2 - Traitement des données ..... - 42 -

VI.1.3- Bilan du test ..... - 48 -

**VI.2 - Deuxième expérimentation ..... - 49 -**
VI.2.1- Déroulement de l'expérimentation et méthodologie mise en place ..... - 49 -
VI.2.2 - Traitement des données et analyse qualitative ..... - 50 -
VI.2.3 - Analyse quantitative ..... - 51 -
VI.2.4 - Bilan du test ..... - 53 -

**VI.3 - Troisième expérience ..... - 53 -**
VI.3.1- Démonstration du géoradar ..... - 53 -
VI.3.2 - Déroulement de l'expérimentation ..... - 54 -
VI.3.3 - Bilan du test ..... - 55 -

**V. CHOIX DU MATERIEL ET CREATION DU POLE ALPES TOPO DETECTION ET GEOREFERENCEMENT DES RESEAUX ENTERRES ..... - 56 -**

**V.1 - Choix du matériel ..... - 56 -**
V.1.1 - Instruments de détection électromagnétique de réseaux ..... - 56 -
V.1.2 - Couplage de détecteurs électromagnétiques et de solutions GNSS ..... - 57 -
V.1.3 - Géoradars ..... - 57 -

**V.2 – Création du pôle Alpes Topo Détection et Géoréférencement des Réseaux Enterrés et élaboration du devis... - 58 -**
V.2.1 - Pôle de Détection et Géoréférencement des Réseaux Enterrés d'Alpes Topo ..... - 58 -
V.2.2 - Elaboration du devis ..... - 58 -

**VI. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES ..... - 59 -**

**TABLE DES ILLUSTRATIONS ..... - 61 -**

**BIBLIOGRAPHIE ..... - 63 -**

**LISTE DES ABREVIATIONS ..... - 65 -**

**GLOSSAIRE ..... - 66 -**

**SOMMAIRE DES ANNEXES ..... - 68 -**

# I. Introduction

## I.1 - Présentation de l'entreprise d'accueil

### I.1.1 - Historique

Créée à la Ciotat en 1990 par les deux frères associés Jérôme et Philippe COMMAND, la société Alpes Topo s'est imposée au fil des années comme un prestataire permanent de services auprès des principaux groupes du secteur du BTP, dans le milieu des grands travaux de terrassement sur le territoire national. L'année 2000 a marqué une grande activité régionale avec une fidélisation des partenaires locaux. En 2004, par le biais de Cédric Monribot, l'entreprise a créé une agence dans la Principauté de Monaco qui est devenu rapidement le prestataire topographique privilégié des grandes sociétés locales comme la SMEAUX. En 2011, Alpes Topo a commencé le développement de ses services en Ile-de-France (IDF) par le biais de Cédric Daures. Actuellement, l'entreprise compte parmi ses effectifs 35 salariés apportant un savoir-faire de qualité en termes de prestations topographiques et en ingénierie.

### I.1.2 - Organigramme simplifié

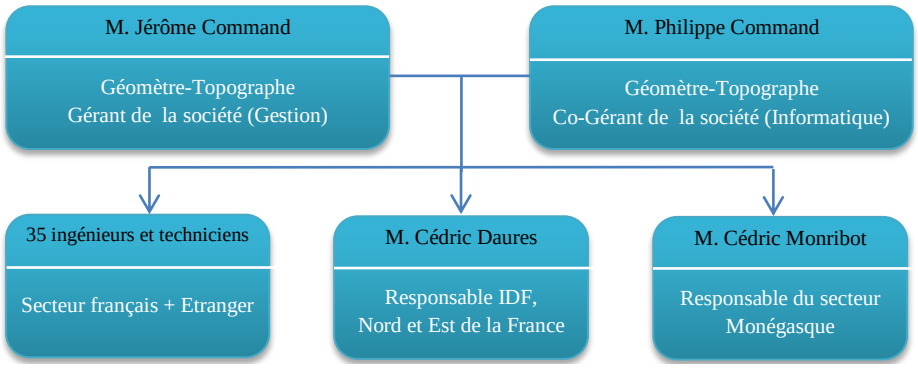



**Figure 1: Organigramme simplifié de la société Alpes Topo**

### I.1.3 - Activités, clientèle et références

La société Alpes Topo fournit diverses prestations permettant de subvenir aux besoins de nombreuses entreprises de BTP. Nous citons parmi les prestations proposées:

- Topométrie de précision/ Polygonales de précision/ Levé de TN/ Implantations/Récolements ;
- Topographie classique, autoroutière, ferroviaire et aéroportuaire/ Techniques GNSS ;
- Calculs de cubatures/ Réalisations de profils ;
- Auscultation et contrôle d'ouvrages d'art / Guidage d'engins / Travaux souterrains ;
- Réception de travaux/Suivi de situation/Gestion informatique (Procédures, Projets…).

La diversité des activités et des partenaires ainsi que la forte présence sur le territoire national et à l'étranger constituent la force de la société Alpes Topo. Ci-après vous trouverez une liste non exhaustive des références de l'entreprise :

- 1993/94/95 : tunnel de l'Escallette A75, Centrale Nucléaire de Flamanville, et Piste d'essai Renault [BEC Frères] /RER Paris ligne 13 [BOUYGUES] ;
- 2005/06 : chantier routier en République de DJIBOUTI [COLAS] ; Métro de MARSEILLE [CAMPENON BERNARD]/ Immeuble Le Saint Georges à MONACO [SOLETANCHE & RICHELMI] ;
- 2013 : terminal méthanier de Dunkerque [SOLETANCHE…]/Grand stade de Bordeaux [Vinci].

### I.1.4 - Environnement socio-économique

L'entreprise Alpes Topo a choisi d'adopter un statut juridique de société à responsabilité limitée (SARL). Ce dernier est particulièrement adapté aux petites et moyennes entreprises. Etant le type de société le plus répandu en France, il présente comme avantages la possibilité pour les associés non dirigeants d'être salariés et une responsabilité des associés limitée aux apports. Toutefois, ce statut présente certains inconvénients comme le formalisme de fonctionnement ainsi que les frais du formalisme de constitution.

La gestion de la comptabilité financière du siège social d'Alpes Topo situé à la Ciotat est confiée à un expert-comptable. Cette externalisation permet un gain considérable de temps, d'énergie et d'efficacité.
Selon le bilan comptable d'Alpes Topo, l'actif, représentant tout ce que possède l'entreprise (bâtiments, fonds de commerce, matériel, stock...), équivaut au passif, représentant tout ce que doit l'entreprise aux actionnaires, aux fournisseurs, à l'État, à la banque... Il s'agit d'un montant de 1 834 900 €, calculé sur une période de douze mois de l'année 2011 [societe.com].
Le tableau ci-après (tableau 1) représente le compte de résultat qui est un document de synthèse, faisant partie d'états financiers, et ayant pour fonction d'indiquer la performance de l'entreprise sur une période donnée.

**Compte de résultat au 31/12/2011** (12 mois EU)

| Chiffre d'affaires (€) | Production (€) | Valeur ajoutée (€) | EBE [Excédent Brut d'exploitation] (€) | Résultat d'exploitation (€) | RCAI [Résultat Avant Impôt] (€) | Résultat net (€) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 601 200 | 2 601 200 | 2 082 400 | 197 700 | 194 100 | 210 500 | 144 600 |

**Tableau 1: Compte de résultat du SARL Alpes Topo [societe.com]**

### I.1.5 - Alpes Topo IDF

Créée depuis 2011 par Cédric Daures sous la supervision des frères associés, Alpes Topo IDF est la plus récente des agences de l'entreprise. Or, en deux ans, cette structure compte déjà sept techniciens qui assurent une forte mobilité dans la région parisienne, sur le Nord, et sur l'Ouest de du pays (figure 2). Les références de l'agence sont nombreuses, dont ci-dessous quelques exemples :

- Terminal méthanier de Dunkerque [SOLETANCHE Bachy, Razel-Bec…]
- Zoo de Vincennes [Bouygues Bâtiment]
- Campus Val de Bièvre de Gentilly [Vinci Construction]
- Boulogne Zac île Seguin [Eiffage construction, Bouygues Bâtiment]
- Grand stade de Bordeaux [SOLETANCHE Bachy, Vinci Construction]

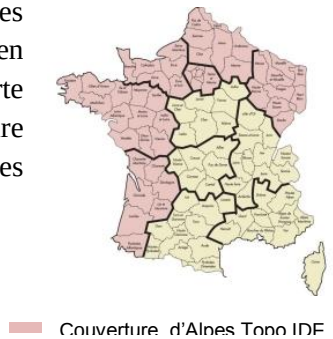



**Figure 2: Localisation des chantiers d'Alpes Topo IDF**

### I.1.6 - Sujet de l'étude et cadre de travail durant le PFE

La société Alpes Topo, a d'une part, senti l'opportunité que représentent les nouvelles réglementations en matière de marché de Topographie souterraine. D'autre part, elle possède déjà une idée sur le monde de la détection et le géoréférencement des réseaux enterrés (grâce notamment aux prestations établies en 2010 sur le terminal méthanier de Fos-sur-Mer et en 2011 sur un chantier de localisation d'un réseau de fibre optique à Aix-en-Provence). C'est dans ce cadre que la société Alpes Topo a proposé ce sujet de PFE intitulé « Etude d'opportunité de développement sur le marché de la Topographie des réseaux ».

Ce PFE s'est déroulé à Paris au sein de l'agence Alpes Topo IDF. Le choix de la localisation se justifie par la présence sur place de la plupart des responsables susceptibles de mettre leur expérience au

service du projet. Cette étude s'est déroulée également en grande autonomie tout en conservant un contact permanent avec la direction régionale et nationale d'Alpes Topo pour en valider ses orientations principales.

### I.2 - Contexte et objectifs principaux de l'étude

En France, il existe 4 millions de kilomètres de réseaux, dont un tiers est aérien et deux tiers sont souterrains et subaquatiques. C'est le cas, d'une part, des réseaux sensibles pour la sécurité, comme les réseaux électriques, les ouvrages gaziers, les réseaux de chaleur, et les ouvrages chimiques et d'hydrocarbures. Et d'autre part, des réseaux non-sensibles pour la sécurité comme les ouvrages de télécommunication, les canalisations d'eau potable et les ouvrages d'assainissement. Ce mémoire ne cible que des réseaux souterrains sans s'attarder sur leurs homologues aériens et subaquatiques. Cela s'explique par le fait que la quasi-totalité des prestations de détection et de géoréférencement des réseaux concerne les réseaux souterrains.

Sur le territoire français et jusqu'au début de l'année 2012, plus de cent mille endommagements avaient lieu chaque année sur ces réseaux enterrés ou aériens lors des travaux à proximité chaque année, dont 4 500 fuites constatées sur les réseaux de distribution de gaz [Point sur la nouvelle réglementation : Travaux à proximité des réseaux, mai 2012, page 6]. Par ailleurs, plus de 400 accidents sur les réseaux ont eu lieu quotidiennement durant l'année 2011 [Guide Technique relatif aux travaux à proximité des réseaux, version juin 2012, page 6].
Ces nombreux accidents, souvent issus de l'ignorance de l'emplacement exact ou de la sensibilité des réseaux, engendrent des dégâts matériels, économiques et environnementaux : Ils provoquent également la discontinuité du service public assuré par les réseaux endommagés, ainsi que le ralentissement, voire l'arrêt des travaux sur des longues périodes. Les pires conséquences restent celles qui touchent à la vie ou à la santé de l'être humain.

Les exemples des endommagements accidentels sur les réseaux sont nombreux sur la scène internationale. En juillet 2004, une énorme explosion a dévasté une zone industrielle provoquant 24 morts et 132 blessés suite à une fuite de gaz causée par un engin de chantier à Ghislenghein en Belgique [aria.developpement-durable.gouv.fr] (photographie 1). Par ailleurs, en juin 2010, des travaux à proximité d'une conduite de gaz, non marquée sur les plans fournis à l'entreprise de travaux, ont causé une fuite de gaz, ainsi qu'un mort et huit blessés à Cleburne (Texas) [dallasnews.com]

**Photographie 1: Explosion d'un gazoduc suite à un endommagement par un engin de chantier à Ghislenghein (Belgique) [lesoir.be]**

Sur le territoire français, Nous assistons régulièrement à des scènes d'endommagements accidentels dont les effets sont dramatiques. D'abord en juin 2006, quatre égoutiers, dont un père et son fils, ont connu la mort avec intoxication suite à un perçage d'une poche de gaz d'hydrogène sulfuré (H2S) à Poissy [Humanite.fr]. En octobre 2007, une explosion de gaz suite à un endommagement accidentel d'une conduite, qui était enterrée à 50 cm de profondeur au lieu des 80 cm réglementaires, a provoqué un mort et 47 blessés à Bondy (IDF) [LCI.fr].

Par ailleurs, en février 2008, 36 personnes dont un pompier sont mortes et entre 500 et 1000 personnes évacuées, lors d'un perçage accidentel d'une conduite de gaz à Lyon [20minutes.fr]. En mai 2011, un accident sur une canalisation de fibres optiques, dans le projet de tramway de Vélizy-Villacoublay, a provoqué une coupure de plusieurs sites internet dont celui du Ministère de la Défense [journaldunet.com]. En novembre de cette même année, un endommagement sur une canalisation d'eau potable a entrainé l'inondation d'une partie du centre de la ville de Dijon et de l'entrée de son principal hôpital [reseaux-et-canalisations.ineris.fr].

Ces accidents ont eu lieu malgré l'existence dans le passé d'une réglementation encadrant les travaux à proximité des réseaux. C'est le cas, d'un point de vue cartographique, des arrêtés du 21 janvier 1980[1] et du 16 septembre 2003[2], fixant les classes de précision et les tolérances relatives aux travaux topographiques. Par ailleurs, d'un point de vue réglementaire, il existait des instructions qui prenaient effet jusqu'au 1er Juillet 2012, telles que celles issues du décret n°91-1147 du 14 octobre 1991[3] et de l'arrêté du 16 novembre 1994[4] portant sur les travaux à proximité des réseaux.

C'est à partir de cette dernière date que la nouvelle réforme DT/DICT a été mise en application. Elle est issue dans un premier temps des directives de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010[5] dite loi « Grenelle 2 », mais surtout essentiellement du décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011[6], qui a abrogé le décret n°91-1147, de son arrêté du 15 février 2012[7], et de l'arrêté du 19 février 2013[8].
*« Nous remarquons que la dénomination du sujet du nouveau décret est la même que celle de l'ancien, à savoir (exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution). Ceci montre que la problématique reste la même qu'il y a 20 ans, seuls les moyens utilisés pour y répondre évoluent »* [Lugli, 2012].

Certes, ces changements réglementaires ont eu lieu du fait du grand nombre d'endommagements sur les réseaux, mais aussi grâce aux efforts continus de certains organismes comme la FNTP, la FFB et la SCOP du BTP qui n'ont cessé de mettre en lumière les faiblesses des anciennes réglementations. Notamment concernant le manque de prévention des risques relatifs aux travaux à proximité et le report systématique de la responsabilité des endommagements sur les entreprises de travaux.

La plupart des exploitants de réseaux et des responsables de projets rencontrés dans le cadre de cette étude reconnaissent les contraintes issues de la nouvelle réforme. Toutefois, ils ne perçoivent pas encore, à ce jour, le besoin nécessaire de détection et de géoréférencement des réseaux enterrés. Par conséquent, cela n'a pas permis de quantifier le marché de Topographie souterraine.

Après cette introduction [Partie I], ce mémoire présentera le contexte réglementaire avec les avis de professionnels et les bilans sur les changements entrainés par cette nouvelle réforme [Partie II]. En effet, au départ, cette étude était censée se focaliser juste sur les techniques, instruments et méthodes de détection et de géoréférencement des réseaux enterrés. Or, il s'est avéré primordial de mener une sérieuse analyse réglementaire nous permettant de comprendre le contexte de cette étude d'opportunité.
Nous exposerons ensuite les techniques et méthodologies de détection des réseaux enterrés [Partie III]. Puis dans une quatrième partie, nous présenterons des expérimentations permettant de juger la précision du matériel de détection et de géoréférencement de réseaux enterrés [Partie IV]. Nous aborderons également le choix du matériel ainsi que la création du pôle Alpes Topo Détection et Géoréférencement des Réseaux Enterrés [Partie V]. Enfin nous dresserons une conclusion technique sur ce sujet d'étude [Partie VI].

[1] Arrêté du 21 janvier 1980 fixant les tolérances applicables aux levés à grande échelle entrepris par les services publics ;

[2] Arrêté du 16 septembre 2003 portant sur les classes de précision applicables aux catégories de travaux topographiques réalisés par l'Etat, les collectivités locales et leurs établissements publics ou exécutés pour leur compte ;

[3] Décret n°91-1147 du 14 octobre 1991 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution

[4] Arrêté du 21 avril 2011 pris en application du décret n° 91-1147 du 14 octobre 1991 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution ;

[5] LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement

[6] Décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution ;

[7] Arrêté du 15 février 2012 pris en application du chapitre IV du titre V du livre V du code de l'environnement relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution.

[8] Arrêté du 19 février 2013 encadrant la certification des prestataires en géoréférencement et en détection des réseaux et mettant à jour des fonctionnalités du téléservice « reseaux-et-canalisations.gouv.fr »

# II. Contexte réglementaire

Le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement a décidé de recadrer les textes réglementaires concernant les travaux à proximité des réseaux suite aux différents accidents qui ont eu lieu par le passé. Ainsi la nouvelle réglementation DT/DICT, autrement connue selon le nom du plan anti-endommagement des réseaux, a vu le jour à travers différents textes de loi, décrets et arrêtés applicables à partir du 1er Juillet 2012.

## II.1 - Plan anti-endommagement

Issu de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010, du décret n°2010-1600 du 20 décembre 2010[9], ainsi que du décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 et de son arrêté du 15 février 2012, le plan anti-endommagement a apporté plusieurs ajustements et nouveautés par rapport aux anciennes réglementations comme la création d'un Guichet Unique (GU) en France, une meilleure répartition des responsabilités entre les différents acteurs impactés par cette réforme, ainsi que la création d'un nouvel Observatoire National de DT/DICT, qui est au sommet de plusieurs Observatoires Régionaux.

### II.1.1 - Réglementation antérieure et ses faiblesses

Avant l'entrée en vigueur de la nouvelle réforme, les travaux à proximité des réseaux étaient encadrés par un contexte réglementaire issu du décret n°91-1147 du 14 octobre 1991, et de son arrêté d'application du 16 novembre 1994. Conformément à ces réglementations, les trois protagonistes, qui sont les gestionnaires de réseaux, les responsables de projets et les exécutants de travaux, devaient suivre certaines procédures avant le commencement des travaux, tout en respectant des règles bien spécifiques d'échange de données. En amont des travaux, le responsable de projet (MOA ou MOE) avait l'obligation d'effectuer une ou plusieurs Demandes de Renseignements (DR) auprès des exploitants des réseaux. Cela s'effectuait en se rendant à la mairie qui collectait les coordonnées et les Zones d'Implantation (ZI) des exploitants des réseaux. Par la suite, une fois choisi, l'exécutant de travaux devait envoyer aux différents exploitants des Déclarations d'Intention de Commencement des Travaux (DICT), et attendre la réponse avant de débuter les travaux.

Au fur et à mesure des années, l'ancienne réglementation a montré certaines faiblesses qui empêchaient le bon déroulement des travaux en toute sécurité :

- Absence de sanctions lors du non-respect des démarches administratives: peu de DR étaient établies même si elles étaient obligatoires pour l'établissement du projet des travaux. L'absence de DR conduisait à l'ignorance des réseaux existants dans l'emprise de travaux, ce qui conduisait forcément dans certains cas à un endommagement des ouvrages lors des travaux à proximité.
- Absence d'informations suffisantes dans les réponses aux DR et DICT : les exploitants de réseaux avaient l'obligation de formuler des réponses aux différentes déclarations. Or, dans la plupart des cas, ils indiquaient seulement l'éventuelle présence de leurs ouvrages dans l'emprise des projets, avec souvent une détermination peu précise de la localisation des réseaux. Cela affectait énormément la sécurité lors des travaux à proximité des réseaux.
- Rôle non adapté des mairies dans cette procédure : les mairies recevaient, stockaient, et mettaient à jour l'ensemble des données relatives aux exploitants de réseaux. Elles jouaient ensuite le rôle de l'intermédiaire entre ces derniers et l'ensemble des déclarants. De telles fonctions sont inadaptées à des structures telles que les mairies et ne faisaient que retarder la procédure DR/DICT.

[9] Décret n° 2010-1600 du 20 décembre 2010 relatif au guichet unique créé en application de l'article L. 554-2 du code de l'environnement

Ces différentes défaillances ont impliqué un nombre non négligeable d'accidents à proximité des réseaux, avec des dégâts parfois dramatiques. En plus, la responsabilité sur ces endommagements était souvent reportée sur l'exécutant de travaux.

### II.1.2 - Guichet Unique et spécifications

Du fonctionnement issu des articles R554-4 à R554-9 du code de l'environnement, relatifs au décret n°2010-1600 du 20 décembre 2010, la création d'un GU vise à rassembler d'une manière exhaustive, d'une part l'intégralité des exploitants de réseaux existants sur le territoire français ainsi que toute information nécessaire à leur identification, et d'autre part, toutes les Zones d'Implantations des différentes catégories d'ouvrages qu'ils exploitent. Nous notons qu'aucune cartographie des réseaux, ni classes de précision ne sont disponibles sur ce guichet.

Le GU remplace ainsi - Sous forme d'un téléservice disponible sur Internet[10], - la gestion directe des données relatives aux exploitants de réseaux par les mairies. Par ailleurs, c'est l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) qui s'occupe de la gestion de ce téléservice, et qui joue le rôle d'intermédiaire entre les utilisateurs du GU impactés par le plan anti-endommagement sur le domaine public. Il faut noter qu'il existe aussi des prestataires d'aide à la déclaration qui jouent le rôle d'intermédiaire entre les acteurs impactés par la réforme et le GU.
Le financement du téléservice se fait par le biais d'une redevance annuelle calculée par l'INERIS et payée, par les gestionnaires de réseaux, en fonction de la longueur des réseaux qu'ils exploitent, de leur sensibilité et du nombre des communes où ils sont présents.

#### *II.1.2.1 - Zones d'Implantation*

En application de l'article 554-1 du décret n° 2010-1600 du 20 décembre 2010, nous retenons les définitions suivantes : « *La zone d'implantation d'un ouvrage* » est *« la zone contenant l'ensemble des points du territoire situés à moins de 50 mètres du fuseau de l'ouvrage. Pour les ouvrages linéaires, il est retenu une zone de largeur constante contenant l'ensemble des points situés à moins de 50 mètres du fuseau de l'ouvrage ».* Par ailleurs, *« le fuseau d'un ouvrage ou d'un tronçon d'ouvrage »* est le *« volume contenant l'ouvrage ou le tronçon d'ouvrage déterminé à partir de sa localisation théorique, de ses dimensions, de son tracé, compte tenu de l'incertitude de sa localisation, et, pour un ouvrage aérien, de sa mobilité selon l'environnement dans lequel il est situé ».* Selon l'article 4 de l'arrêté du 23 décembre 2010[11], il faut noter que pour les ouvrages de distribution (eaux, gaz, réseaux de chaleurs…) en zone urbaine : « *lorsque tous les points du territoire de la commune sont situés à moins de 300 mètres de l'ouvrage, l'exploitant en informe le téléservice. Cette information tient lieu de fourniture du plan de la zone d'implantation pour la commune considérée.*»

Une ZI renferme l'ensemble des points situés à moins de 50 mètres de l'ouvrage et doit être élaborée avec une incertitude générale de ± 10 m. Cependant, il est plus judicieux de prendre en considération des points situés à plus de 50 m, dans le cas d'un réseau dont le linéaire est approximatif (réseau dont le linéaire est caractérisé par une courbure et présent le long d'une rue). Cela afin que la ZI englobe une plus grande surface contenant l'ensemble du réseau souhaité.

Les ZI sont à rentrer directement par le média des exploitants de réseaux sous forme de fichiers de zonage sur le site du GU. Attachée à un seul ouvrage, un fichier de zonage n'est pas une délimitation exacte des ouvrages, mais bien une zone de sécurité extrapolée. Il est représenté sous forme d'une surface (polygone) contenant jusqu'à 3 millions de sommets géoréférencés dans un des deux systèmes WGS84 non

[10] http://www.reseaux-et-canalisations.ineris.fr
[11] Arrêté du 23 décembre 2010 relatif aux obligations des exploitants d'ouvrages et des prestataires d'aide envers le téléservice « reseaux-et-canalisations.gouv.fr »

projeté (EPSG 4326) ou RGF93 non projeté (EPSG 4171). Toutefois, il est demandé de ne pas fournir de zones référencées en projection Lambert93 ou UTM. Comme pour la dénomination, la catégorie et la typologie, le fichier de zonage est lui aussi propre à chaque ouvrage. Il doit être de format SHAPE (.shp) qui est un format créé par la société ESRI et qui est utilisé par des logiciels tels qu'AutoDesk, MapInfo, MapServer… Le fichier de zonage est généré par la suite grâce un logiciel SIG (figure 3).

**Figure 3: Polygone issue d'un fichier de zonage [reseaux-et-canalisations.ineris.fr]**

### *II.1.2.2 - Catégories d'ouvrage*

En application de l'article 554-2 du décret n° 2010-1600 du *12 juillet 2010*, nous distinguons deux catégories d'ouvrages selon l'atteinte à la sécurité humaine, matérielle et environnementale :

- Les ouvrages sensibles pour la sécurité : il s'agit des canalisations minières et celles de transport contenant des hydrocarbures et des produits chimiques, des canalisations de transport et de distribution de gaz combustible et d'eau glacée, des réseaux de chaleur, des canalisations de transport de déchets, des lignes électriques et d'éclairage public, ainsi que des installations servant à la circulation ferroviaire ou guidée ;
- Les ouvrages non-sensibles pour la sécurité mais d'une grande importance pour le public et pour la vie économique : il s'agit des réseaux de communications électroniques, des canalisations industrielles et des canalisations d'eau potable, industrielle ou de protection contre les incendies.

### *II.1.2.3 - Classes de précision*

Au sens de l'arrêté du 15 février 2012, les classes de précision cartographique des ouvrages sont mesurées à partir de leurs enveloppes extérieures. Nous distinguons trois classes, A, B ou C, en fonction de l'incertitude maximale de localisation qui est indiquée par l'exploitant de l'ouvrage et qui doit être inférieure à un seuil de tolérance T. Ci-après nous illustrons ces trois classes de précision (tableau 2):

| **Classes de précision** (Arrêté du 15 février 2012) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Classes de précision | ***A*** | | | ***B*** | ***C*** |
| Seuil de Tolérance | $T_A \leq 40$ cm | $T_A \leq 50$ cm | $T_A \leq 80$ cm | $T_A < T_B \leq 1,5$ m | $T_C$ >1,5 m |
| Type d'ouvrage | Ouvrages rigides | Ouvrages flexibles | Ouvrage ferroviaires ou guidés construits antérieurement au 1er janvier 2011 | Tous types d'ouvrages | |

**Tableau 2: Classes de précision selon l'arrêté du 15 février 2012**

Ci-après l'avis de certains professionnels sur la nouvelle réglementation et sur les classes de précision :

- *« Veolia Eau IDF a retenu la classe C pour l'ensemble des canalisations en service installées avant du 15 février 2012. Elle prend aussi les dispositions nécessaires afin que tous les ouvrages posés après cette date soient géoréférencés en classe de précision A», constate Gérard Bayon,* chargé de l'organisation et de la mise en place de la nouvelle réglementation au sein de Veolia IDF.

- *« En tant qu'exploitant de réseaux, GrDF vise à géoréférencer le maximum de ses ouvrages en zone urbaine, posés avant le 1er janvier 2012, en classe A avant le 1er janvier 2019. Or, cette opération parait compliquée et non nécessaire partout. En effet, il n'y a jamais eu de travaux sur les lotissements et les zones artisanales construites dans les années 2000. Alors l'urgence n'est pas de les géoréférencer.*
  *Au 2 mai 2013, GrDF possédait 10% des ouvrages en classe A, 5% en classe C, et 85% en classe B.*
  *La majorité de ces réseaux sont réellement en classe A, sauf qu'il faut trouver une procédure pour le prouver. Ce qui appuie ces propos c'est le fait de rencontrer en moyenne 4000 accrochages/an, avec moins de 10 % causés par est un écart entre le plan et le réseau»*, affirme Michel Tranier, directeur territorial à GrDF.
- *« A la date du 3 juin 2013, près de 90 % des réseaux souterrain d'ERDF sont en classe B. Non pas du fait de leur positionnement relativement par rapport aux fonds de plans, mais en raison de la mauvaise qualité de géoréférencement ou de l'absence de la cartographie de ces fonds de plans.»,* constate François Le-Devehat, consultant au sein de la direction technique d'ERDF
- Selon Christian Le-Loup, adjoint chef de département de production au sein de l'unité d'intervention en Provence-Alpes-Côte d'Azur à France Telecom *: « Au 26 juin 2013, environ 50% des réseaux enterrés de France Télécom sont en classe B, 49% en classe C, et seulement près de 1% en classe A. Par conséquent, il reste encore beaucoup de travail avant de satisfaire les exigences de la nouvelle réforme pour la date du 1er janvier 2026 ».*
- *« Au 27 juin 2013, pour la société des Eaux de Marseille, 89,5% des réseaux existants sont en classe B et 10% sont en classe C. Nous n'avons quasiment pas d'ouvrages en classe A (0,5%), hormis ceux qui sont posés après la mise en application de la nouvelle réforme»,* observe Renaud de Carmantrand, directeur de l'agence de Vitrolles Eaux de Marseille.
- *« A la date du 12 Mars 2013, les ouvrages connus avec une classe précision A au sein de la CPCU sont de l'ordre de 8%. Le reste est automatiquement en classe B »,* affirme Catherine Sarmir, rédactrice chargée des relations extérieures au sein de la CPCU.

#### *II.1.2.4 - Utilisation du GU*

##### II.1.2.4.1 - Utilisation du GU par un exploitant de réseau

L'exploitant de réseau a l'obligation de s'enregistrer sur le GU pour chaque zone géographique (commune ou arrondissement) où il possède n'importe quel type et catégorie de réseau qu'il gère. A travers un fichier tableur (.csv) ou à l'aide d'un formulaire disponible sur le site Internet *reseaux-et-canalisations.ineris.fr*, le gestionnaire de réseaux doit transmettre ses coordonnées ainsi que les informations relatives à ses ouvrages sur chacune des communes d'implantation.

D'une manière plus explicite les principales informations obligatoires qui doivent être récupérées par le GU concernant l'exploitant de réseaux sont : la commune d'implantation, la catégorie (sensible, non sensible ou non sensible forcé sensible), le type de l'ouvrage (Eau potable « AEP »…), les informations relatives à l'exploitant (nom de la structure, adresse, et téléphone), les ZI, ainsi que l'ensemble de catégories de réseaux souterrains abandonnés et non démantelés par l'exploitant.

##### II.1.2.4.2 - Utilisation du GU par un utilisateur/déclarant

Par ailleurs, mis à part les exploitants de réseaux qui alimentent la base de données du GU. Les utilisateurs du téléservice sont les responsables de projets (maitres d'ouvrage (MOA) et maitres d'œuvre (MOE)), les entreprises exécutantes de travaux, ainsi que les collectivités territoriales et les services publics. Afin d'entamer les procédures réglementaires obligatoires de déclaration et pour consulter les prescriptions techniques du gestionnaire des réseaux, les utilisateurs doivent consulter obligatoirement la plateforme Internet disponible en permanence et gratuitement.

Cette consultation est effectuée avec ou sans la création d'un compte utilisateur. En effet, il est possible d'obtenir, à titre informatif et sans authentification, la liste des gestionnaires de réseaux concernés par l'emprise d'un chantier en particulier.

Pour déclarer une zone de travaux, un utilisateur déclarant dispose d'un espace cartographie permettant de dessiner sous forme d'un polygone l'emprise de travaux relative à son projet sur un fond de carte. Les coordonnées des sommets sont déterminées directement par le téléservice. Une fois cette étape effectuée et l'emprise validée, le déclarant reçoit un numéro de consultation, servant de justificatif, qui doit être joint aux déclarations envoyées au gestionnaire de réseaux concerné. Le déclarant reçoit aussi le fond de plan contenant son emprise de travaux dessinée, une liste des gestionnaires présents dans l'emprise des travaux ainsi que leurs coordonnées [12], les formulaires de déclarations pré-remplis, ainsi que la cartographie complète des réseaux souterrains abandonnées et non démantelés [13].

#### *II.1.2.5 - Prestataire d'aide à la déclaration*

Pour faire face à la quantité importante de déclarations que les utilisateurs du GU échangent ponctuellement, il existe des prestataires d'aide à la déclaration[14] comme DICT.fr, PROTYS.fr, ou encore DICTSERVICES.fr.
Conformément à l'article R. 554-6 du décret n° 2010-1600 du 20 décembre 2010, ces prestataires de services prennent en charge l'envoi et la réception des DT/DICT auprès du GU. Ils accompagnent les déclarants dans leurs démarches et sont rémunérés directement par ces derniers. Toutefois ils doivent s'acquitter d'une redevance envers le GU, basée sur une convention annuelle fixant les modalités d'utilisation et de transfert des données, leur fiabilité et sécurité, ainsi que la nature des données accessibles en accès professionnel.

#### *II.1.2.6 - Financement du GU*

Les articles R. 554-10 à R. 554-17 du décret n° 2011-762 du 28 juin 2011[15] et l'arrêté du 16 juillet 2013[16], traitent la question du financement du GU.
Le GU est financé par le média de redevances annuelles, payées par les exploitants de réseaux, en fonction des longueurs cumulées des ouvrages exploités sensibles et non sensibles pour la sécurité, ainsi que par les prestataires d'aide à la déclaration en fonction du nombre de régions couvertes par les services de prestation. Le calcul de ces redevances prend aussi en compte d'autres paramètres fixés annuellement par le ministre chargé de la sécurité des réseaux de transport et de distribution, de sorte à ce que les frais de création , de maintenance, d'exploitation et de mise à jour du GU soient rentabilisés.

### II.1.3 - Responsabilités des acteurs impactés par la nouvelle réforme

#### *II.1.3.1 - Obligations des exploitants de réseaux*

Tous les exploitants de réseaux, y compris les collectivités territoriales, devaient s'enregistrer auprès du GU avant le 1er avril 2012, en spécifiant la longueur des ouvrages qu'ils exploitent. Cet enregistrement devait être complété avant le 30 Juin 2013[17], par les Zones d'Implantations (ZI) des réseaux, réalisés avec une exactitude maximale de 10m. Toutefois, jusqu'à cette date, ils doivent continuer à mettre à jour les plans de leurs réseaux également auprès des mairies.

---

[12] Annexe 1 : Exemple de saisie d'emprise de chantier sans authentification et liste d'exploitants à contacter (RESEAUX-ET-CANALISATIONS.INERIS.fr)
[13] A la date du 15/05/2013, aucun exploitant de réseaux interrogé dans le cadre du PFE n'a mis en disposition, la cartographie des ouvrages souterrains en arrêt définitif et non démantelés. Cela vient du fait, de l'ignorance des réseaux
[14] Annexe 2 : Aperçu sur les prestataires d'aide à la déclaration auprès du Guichet Unique
[15] Décret n° 2011-762 du 28 juin 2011 fixant les modalités d'application de l'article L. 554-5 du code de l'environnement
[16] Arrêté du 16 juillet 2013 fixant le barème hors taxes des redevances prévues à l'article L. 554-5 du code de l'environnement pour l'année 2013
[17] Date repoussée au 1er Janvier 2014

Les gestionnaires des réseaux sont aussi tenus de formuler une réponse aux DT/DICT dans un délai maximum de 9 jours, ou de 15 jours en cas de réception non dématérialisée.

En plus des plans joints à ces déclarations et des classes de précision des ouvrages existants dans la zone des travaux, il faut transmettre toutes les consignes de sécurité nécessaires pour le bon déroulement du chantier : précautions à prendre en considération selon la nature des interventions, la configuration des ouvrages, les recommandations techniques liées aux points singuliers, les dispositions à adopter en cas d'endommagement d'un réseau sensible, la possibilité de consignation de l'ouvrage…

Les exploitants doivent également garantir l'amélioration continue de leurs données cartographiques, en menant leurs propres campagnes de détection et de géoréférencement des réseaux enterrés et en prenant en considération les IC réalisées par les maîtres d'ouvrage. Ils ont l'obligation de cartographier avec une classe de précision A les nouveaux ouvrages posés après 1er juillet 2012 et de répondre aux DT/DICT avec des plans géoréférencés à la date du 1er janvier 2019 pour les réseaux sensibles en zone urbaine, et à la date du 1er janvier 2026 dans les autres cas.

#### *II.1.3.2 - Responsabilités des MOA/MOE*

La nouvelle réglementation prévoit une responsabilité renforcée du responsable de projet qui doit préparer en amont la réalisation des travaux.
En effet, dès la phase de la conception du projet, il doit vérifier les réseaux existants dans l'emprise des travaux, ainsi que la compatibilité entre son projet et les réseaux existants. Il est à la fois en charge d'adresser les DT aux différents exploitants de réseaux, et d'effectuer les opérations de marquage/piquetage au sol de la localisation des points singuliers du réseau en s'appuyant les plans fournis par les gestionnaires. Ces opérations doivent être établies selon un code couleur qui répond à la norme NF P 98-332[18]. Par ailleurs, si les ouvrages présents dans la zone du projet de travaux sont des réseaux sensibles, situés en zones urbaines et appartenant aux classes de précision B ou C, le maître d'ouvrage doit obligatoirement procéder à des Investigations Complémentaires (IC) qui sont menées par ses propres agents homologués ou confiées à un prestataire de services certifié.
Les frais de ces investigations sont partagés ou pas entre le maître d'ouvrage et le gestionnaire de réseau selon la classe précision déclarée des ouvrages et celle effectivement constatée.

Par mesures sécuritaires, de continuité du service public ou de sauvegarde de personnes et de biens, il est nécessaire d'engager des travaux urgents où le responsable de projet et l'exécutant des travaux sont dispensés d'adresser les DT et DICT. Toutefois, le responsable de projet doit consulter le GU afin de vérifier l'inexistence de réseaux sensibles dans la zone de travaux. Dans le cas contraire, il est nécessaire de prévoir un rendez-vous sur le terrain, dans des délais commodes à la situation d'urgence, afin de recevoir les consignes de sécurité de la part des exploitants. Un Avis de Travaux Urgents (ATU) doit être envoyé aux exploitants et aux collectivités concernées lors de l'engagement de ces derniers.

#### *II.1.3.3 - Obligations des exécutants des travaux*

Les entreprises exécutantes de travaux doivent adresser autant de DICT que d'exploitants de réseaux présents sur la zone des travaux. Elles doivent par la suite attendre une réponse qui comprend les plans géoréférencés, le résultat des IC, et les recommandations relatives à la sécurité lors des travaux.

Elles doivent également gérer les situations accidentogènes et prévenir les endommagements des réseaux. Dans ce contexte, une autorisation de travaux à proximité des réseaux sera rendue obligatoire à partir 1er janvier 2017 pour les différents employés des entreprises d'exécution de travaux : Chef de chantier, conducteur d'engin…

[18] Annexe 3 : Code couleurs normalisées des réseaux selon la norme NF P 98-332

Il faut aussi noter que la responsabilité de l'entreprise n'est pas engagée lors d'un endommagement sur un branchement non localisé (ou localisé avec précision de classe C). Toutefois, un constat contradictoire doit être rempli entre l'exécutant de travaux et l'exploitant du réseau.

#### *II.1.3.4 - Les sanctions relatives au manquement aux obligations*

Entrées en vigueur à la date du 1er Javier 2013, des sanctions administratives sont appliquées en cas de manquement aux obligations de la part d'un des acteurs impactés par la nouvelle réforme DT/DICT. il s'agit d'une amende de 1500 € doublée en cas de récidive. Cette somme est considérée plus comme symbolique que dissuasive par la plupart des professionnels. Par ailleurs, pénalement et en cas de non-respect des règles de sécurité entraînant une mise en danger, des blessures ou la mort d'autrui, les sanctions sont plus lourdes. Il s'agit d'une amende pouvant atteindre jusqu'à 80000 € et une peine d'emprisonnement allant de 6 mois à 5 ans.

Il faut noter également que tout endommagement d'un réseau de transport gazier est sanctionné d'une amende de 25000 € pour les entreprises n'ayant pas effectué leurs DICT, et de six mois d'emprisonnement plus 80000€ d'amende pour les entreprises qui se sont abstenues d'informer l'exploitant lors d'un endommagement de d'un de ses ouvrages.

### II.1.4 - Observatoire National et Observatoires Régionaux DT/DICT

Considéré comme le prolongement de l'observatoire National DR/DICT, ce nouvel observatoire, créé depuis février 2011, sert à limiter les accidents dus aux travaux à proximité des réseaux souterrains et à améliorer la sécurité relative à leur exécution.

En plus de cet observatoire national, Il existe, au niveau régional de chaque fédération des travaux publics, une charte de bons comportements et un observatoire qui est composé des principaux acteurs locaux. Ces derniers se réunissent périodiquement et analysent en commun les causes des endommagements afin de trouver des solutions futures [19]. Au niveau de certains observatoires régionaux, un comité de concertation est aussi créé afin de trancher sur certains conflits concernant des petits dommages matériels entre les entreprises de travaux et les exploitants de réseaux. Par conséquent, il faut noter que dans les régions dotées de ce comité, les litiges qui leur sont soumis ne vont plus en contentieux.

## II.2 - Procédure DT/DICT

### II.2.1 - Qu'est-ce que la procédure DT/DICT ?

Les réseaux souterrains sont invisibles, ce qui est à la fois un avantage du fait de leur emplacement au sous-sol sans aucune gêne sur la surface et un inconvénient quand il s'agit de traiter la question de la précision de leur localisation. Cette procédure DT/DICT a été élaborée pour limiter le risque d'endommagement de ces ouvrages.

Entrée en vigueur à partir du 1er juillet 2012, cette procédure prévoit l'établissement de certaines démarches avant le début des travaux.
Le responsable de projet doit d'abord effectuer une consultation du GU d'une manière directe ou à l'aide d'un des prestataires d'aide à la déclaration qui sont certifiés par le téléservice. Par la suite, il obtient la liste des exploitants présents dans l'emprise des travaux, à qui il est tenu d'envoyer les déclarations de projet de travaux (DT). Le gestionnaire de réseaux répond ensuite au responsable de projet à l'aide d'un récépissé qui est accompagné par une réunion sur le terrain pour spécifier l'emplacement exact des réseaux si l'exploitant ne joint pas de plans géoréférencés des réseaux à sa réponse. Autrement, si le gestionnaire est en possession

[19] Annexe 4 : Compte-rendu de la réunion du 15 Mai 2013 de l'Observatoire régional d'Auvergne, communiqués par C. Le-Loup, adjoint chef de département de production au sein de l'unité d'intervention en Provence-Alpes-Côte d'Azur à France Telecom.

de ces plans, il les transmet au responsable de projet en précisant leur classe de précision. Pour les zones où les plans fournis ne sont pas intégralement en classe A, elles doivent faire l'objet d'IC élaborés avant le commencement des travaux sous la responsabilité du responsable de projet. Ce dernier rédige par la suite un document de consultation des entreprises (DCE).
Une fois l'entreprise retenue, elle doit consulter directement le GU ou via un prestataire d'aide à la déclaration. Ensuite, elle adresse ses déclarations d'intention de commencement de travaux (DICT) aux gestionnaires de réseaux. Ces derniers doivent formuler une réponse sous un délai de 9 jours, ou de 15 jours, si la demande n'est pas dématérialisée. Si l'entreprise de travaux ne reçoit pas de réponse sous ces délais, elle envoie une lettre de rappel qui laisse deux jours supplémentaires à l'exploitant de réseaux pour répondre.
Enfin, pour un bon commencement des travaux en toute sécurité, le responsable de projet effectue les opérations de marquage et de piquetage en fonction des plans fournis.

#### *II.2.1.1 - Que contient un DCE ?*

Le dossier contient principalement les documents suivants:

- Le plan du projet à l'échelle adéquate (milieu rural : 1/500 à 1/2 000 ; milieu urbain : 1/50 à 1/200).
- Les DT et les récépissés des réponses à ces demandes comportant les catégories et les classes de précision des réseaux.
- Les résultats des Investigations Complémentaires ou les clauses techniques et financières dans le cas échéant.
- Les modalités d'arrêt et de reprise des travaux sans pénalités pour l'entreprise qui estime qu'une suspension de travaux est nécessaire suite à une situation dangereuse.

#### *II.2.1.2 - A quoi servent les DT et les DICT?*

Etablie par le responsable de projet ou son délégué en amont du début des travaux, la DT vise à établir la compatibilité entre les travaux à réaliser et les réseaux existants dans l'emprise du projet. Elle a pour but de demander également les règles techniques de sécurité à appréhender pendant et après les travaux, et d'étudier la possibilité de mener des IC quand il s'agit de réseaux peu précis appartenant à une classe de précision B ou C.
A défaut de procéder à ces investigations, le responsable de projet doit prévoir des clauses techniques et financières dans le marché de travaux.

Quant à elle, la DICT est établie par des particuliers ou des entreprises chargées de l'exécution de travaux. Elle est remplie à partir du formulaire unique DT/DICT. Cette déclaration a pour objectif de montrer aux gestionnaires de réseaux l'emplacement exact des travaux projetés et les techniques de qui y sont relatives. Elle sert également à demander les consignes de sécurité pour éviter tout endommagement d'ouvrages.

Il faut noter que le responsable du projet et l'exécutant des travaux doivent établir autant de DT et de DICT que d'exploitants de réseaux concernés, cela afin d'avoir la totalité des informations nécessaires concernant les ouvrages existants dans l'emprise du projet.

#### *II.2.1.3 - Comment et quand établir les DT et les DICT ?*

Le formulaire CERFA n° 14434*01 de déclaration DT/DICT est obtenu gratuitement sur le site du GU. La consultation de ce téléservice permet également de tracer et d'obtenir le plan de l'emprise du projet, ainsi que la liste des gestionnaires qui exploitent des réseaux dans cette emprise.

La DT est aussi utile dans le cas d'une éventuelle incompatibilité détectée entre le projet à réaliser et les ouvrages existants dans la zone de travaux. Par conséquent, nous les responsables de projets sont amenés parfois à porter une révision ou une modification sur leur projet en fonction de la réponse à la DT.

Cette déclaration doit être envoyée suffisamment en avance, car la procédure DT/DICT est assez longue et peut s'alourdir encore plus lorsque le responsable de projet doit effectuer des IC. La DICT doit également être transmise bien en amont du commencement des travaux pour pouvoir réceptionner des réponses en amont de ce démarrage.

Dans certains cas, il est nécessaire de réaliser plusieurs déclarations pour un même projet, comme lorsque l'emprise de travaux :

- Contient plusieurs exploitants de réseaux existants ;
- Concerne plusieurs communes ;
- Excède une superficie de 2 ha ;
- Se rapporte à des zones non côte à côte et éloignées les unes des autres de plus de 50 mètres.

Si la DICT est dissociée de la DT, cette dernière doit être envoyée en premier lieu. Par ailleurs, l'emprise de travaux à prendre en compte lors de l'envoi de la DICT n'est pas forcément la même que celle jointe à la DT, car elle est susceptible d'être modifiée suite à la prise en compte des résultats des IC par le responsable de projet.

N.B : Les déclarations sont à renouveler si les travaux ne sont pas engagés dans les trois mois qui suivent la consultation du GU ou d'un prestataire d'aide à la déclaration, sauf si la commande conclue avec l'exécutant de travaux prévoie une dérogation à ce délai.

#### *II.2.1.4 - Quand être dispensé d'établir les DT et DICT ?*

Il existe certains travaux qui ne sont pas concernés la procédure DT/DICT. Il s'agit selon l'article 554-3 du décret n° 2010-1600 du 20 décembre 2010, des:

- Travaux qui ne suscitent pas d'excavation, d'enfoncement, ou de forage terrestre et n'impliquant pas de compactage, surcharge, ou vibration du sol ;
- Travaux agricoles et horticoles concernant la surface des terres, sans affectation du sous-sol situé à une profondeur de 40 cm ou plus. Il s'agit, entre autres, des travaux agricoles saisonniers tels que l'arrosage et la récolte ;
- Travaux souterrains de modification ou d'entretien des réseaux qui ne touchent ni à leur intégrité ni à la sécurité générale ;
- Travaux élaborés par les particuliers sur des propriétés privées et ne suscitant pas de permis de construire ;
- Travaux n'ayant aucun impact sur les réseaux souterrains, situés à l'extérieur de la ZI, et éloignés de tout réseau aérien d'une distance minimale de 5 mètres ;
- Travaux urgents justifiés par la force majeure, ou par la sécurité relative au service public, aux personnes et aux biens.

#### *II.2.1.5 - Comment et quand répondre aux déclarations ?*

L'exploitant de réseaux a l'obligation de formuler des réponses aux demandes des déclarants en utilisant un récépissé, formulaire CERFA n° 14435*01, qui doit être rempli conformément aux explications relatives à une notice explicative[20]. Ce dernier doit contenir la signature du responsable de projet accompagnée de son nom.

Le formulaire peut être accompagné ou non des plans des ouvrages existant, selon leur disponibilité et le choix de l'exploitant :

[20] Notice explicative pour la déclaration de projet de travaux (DT), la déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT) et leurs récépissés

#### II.2.1.5.1 - En cas de non accompagnement du récépissé par les plans cartographiques des réseaux dans l'emprise des travaux

Au sens du II de l'article R. 554-2 du code de l'environnement (Décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011, article 4), une réunion sur site doit être organisée par l'exploitant de réseaux afin d'apporter à l'exécutant de travaux, les informations relatives à la localisation de l'ouvrage. Le gestionnaire de réseaux doit proposer un rendez-vous à l'exécutant dans le délai maximal de réponse à la DT/DICT (9 ou 15 jours).

L'exécutant des travaux est libre de refuser un rendez-vous à courte échéance. Il appartient, dans ce cas, à l'exploitant de le contacter à nouveau.
Par ailleurs, l'exploitant doit effectuer, sous sa responsabilité, des IC permettant de lever toute incertitude sur la localisation des ouvrages s'ils sont en classe B ou C. Pour ce faire, Il dispose d'un délai supplémentaire de 15 jours, jours fériés non compris.
Dans le cadre d'une réponse à une DICT, l'exploitant doit effectuer les opérations de marquage/piquetage réglementaires sous sa responsabilité et à ses frais, sauf si cela a déjà été fait dans le cadre de la réponse à la DT correspondante. Ces opérations doivent être effectuées selon les normes communes et feront l'objet d'un compte-rendu qui est remis obligatoirement à l'exécutant des travaux.

#### II.2.1.5.2 - En cas d'accompagnement du récépissé par les plans cartographiques des réseaux dans l'emprise des travaux :

Selon l'article 7 de l'arrêté du 15 février 2012, les plans géoréférencés qui accompagnent le récépissé doivent rester compréhensifs en cas de reproduction en noir et blanc. Par conséquent, il faut adapter la légende pour ne pas utiliser des couleurs qui ne permettent pas de différencier les ouvrages. Ces plans doivent contenir :

- La catégorie des réseaux avec la date la plus récente des modifications;
- Les spécifications de la classe de précision pour l'ensemble des ouvrages présents dans le plan ou pour chaque tronçon ;
- Au moins trois points géoréférencés et espacés de 50 mètres les uns des autres. Selon le préambule de l'arrêté du 15 février 2012, cette obligation sera applicable à partir du 1er janvier 2019 pour les réseaux sensible en zones urbaines et à partir du 1er Janvier 2026 pour les autres cas ;
- La dimension de l'ouvrage si sa génératrice supérieure est modélisée par un simple trait ou si sa dimension est supérieure à 1 m ;
- Un cartouche contenant une échelle garantissant une bonne lisibilité, et une légende facilitant la compréhension du plan et de certains éléments compris dans le récépissé.

*« Pour les réponses aux DT et lorsque nous disposons de plans au 200ème [21], nous les joignons avec les éléments de réponse. Pour les DICT, nous envoyons aussi un plan au 2000ème qui est un extrait de notre SIG [22], comme le font la plupart des concessionnaires de réseaux. En plus, nous proposons souvent un rendez-vous sur place susceptible d'être pris rapidement en fonction de l'urgence de la demande. Cela afin de localiser notre réseau de manière plus précise que sur les plans »*, observe Gérard Bayon.

### II.2.2 - Comment se passe la phase de l'exécution de travaux ?

#### *II.2.2.1 - Vérifications avant le début des travaux*

Avant le début des travaux, il faut que l'exécutant vérifie la présence des DICT, des réponses aux DICT, des résultats des IC, et des éventuelles recommandations techniques des exploitants de réseaux. Ayant l'obligation de disposer des autorisations d'intervention à proximité des réseaux avant le 1er janvier 2017, le personnel de l'entreprise exécutante de travaux doit être tenu au courant de l'emplacement des réseaux

[21] Annexe 5 : Notice explicative et exemple de plans joints en réponse à une DT de la part de la CPCU
[22] Annexe 6 : Exemple de plan extrait du SIG de Veolia Eau IDF, joint en réponse à une DICT

présents sur l'emprise du projet ainsi que et des mesures de sécurité à adopter. Par ailleurs, les opérations de marquage et piquetage doivent être maintenues en bon état pendant toute la durée des travaux.

La responsabilité de l'entreprise est écartée si les réseaux sont de classes C ou si la classe de précision théorique s'éloigne de celle constatée sur le terrain. Par ailleurs, les branchements de classes B ou C, dotés d'affleurants visibles depuis la surface et rattachés à un ouvrage principal, ne font pas l'objet d'IC si cela est prévu dans les clauses techniques et financières.

#### *II.2.2.2 - Formations et autorisations des intervenants*

La prévention contre les accidents dus aux travaux à proximité des réseaux ne repose pas seulement sur la phase préparatoire et sur la précision des plans fournis par les exploitants de réseaux mais aussi sur la compétence des différents acteurs d'exécution de travaux. En fait, la nouvelle réglementation prévoit la délivrance d'une autorisation d'intervention et de compétence pour tout le personnel de l'entreprise de travaux (concepteurs, chefs de chantier/conducteurs de travaux, opérateurs…). Sans cette autorisation, les employés de l'entreprise de travaux ne peuvent plus travailler à proximité des réseaux après le 1er janvier 2017.

Ces autorisations ne seront pas issues de nouveaux diplômes, mais elles seront plutôt sous-forme d'une adaptation de tests et de diplômes qui existent déjà, tout en ajoutant une épreuve relative à la prévention contre l'endommagement des réseaux lorsque les métiers correspondants sont concernés par ce sujet. Les épreuves prendront la forme d'une évaluation de compétences à l'aide d'un QCM dont les objectifs sont : la vérification de la maîtrise de la réglementation DT-DICT, le rôle des différents intervenants, les principaux types de réseaux et leurs risques, la lecture du terrain et la reconnaissance de son environnement, la lecture des plans …

#### *II.2.2.3 - Endommagements*

Dans le cas d'un endommagement accidentel parvenu sur un réseau sensible, il est nécessaire d'arrêter les engins, d'alerter dans l'immédiat les secours et l'exploitant concerné, d'aménager une zone de sécurité, et d'accueillir les secours et de se mettre à leur disposition. Lors d'un accident sur un réseau non sensible, il faut prévenir l'exploitant concerné dans le plus bref des délais en fonction de la gravité de la situation. Dans les deux cas, un constat contradictoire devra avoir lieu entre l'entreprise exécutante de travaux et l'exploitant de réseaux.

L'arrêt des travaux sur le chantier n'est pas juste limité aux endommagements de réseaux, mais aussi à l'éventuelle présence des réseaux non signalés sur les plans fournis à l'exécutant de travaux ou d'un écart important entre ces plans et l'état du sous-sol. Dans ce cas, l'entreprise est tenue d'informer par écrit le responsable de projet sur la gravité de la situation.

#### *II.2.2.4 - Travaux urgents*

Les travaux urgents sont des interventions non prévisibles élaborées en cas d'urgence et justifiés par des raisons sécuritaires, la préservation de biens et de personnes, la continuité du service public, ou en cas de force majeur. Tout autre motif non cité précédemment ne peut justifier l'établissement de travaux urgents.

Ne nécessitant pas d'effectuer des DT ou des DICT, ces travaux sont élaborés immédiatement après le recueil des informations, relatives à la sécurité, concernant les réseaux sensibles existant dans l'emprise de travaux. Ces informations sont obtenues de la part des gestionnaires de réseaux sensibles après la consultation du GU directement ou d'un des prestataires d'aide à la déclaration. Elles sont obtenues par l'un des trois moyens déployés pour ce genre de situation d'urgence (Téléphone, Mail, ou Fax d'urgence) ou par le média d'une rencontre sur le terrain entre l'exécutant de travaux et un représentant de l'exploitant de réseaux concernés, dans des délais commodes à la situation d'urgence. Afin d'avoir une trace de cette

intervention, il est obligatoire d'envoyer un formulaire CERFA d'Avis de Travaux Urgents (ATU) dans les plus brefs délais aux gestionnaires de réseaux et aux collectivités locales impactés par ces travaux.

*« La nouvelle réforme est arrivée avec pleins de changements, mais l'un des effets les plus importants était le lancement des ATU. En effet, dans le cadre du contrat de délégation du service publique, Veolia Eau IDF a l'autorisation permanente d'intervention sur le domaine publique : pour les travaux urgents et ceux de réparation des endommagements et des fuites sur la canalisation, mais pas pour la pose des réseaux neufs ou ceux ne relevant pas du critère de l'urgence. L'autorisation en question est une permission de voirie qui permet à Veolia Eau IDF d'intervenir 24h/24 et 7j/7 »* observe Gérard Bayon. Il ajoute « *De façon générale, jusqu'à 22h, en tant qu'exécutant de travaux, Veolia eaux IDF répare les ouvrages endommagés sans complications. En effet, une fois l'ATU lancée, il faut attendre le retour des plans ou un rendez-vous sur le terrain. Ce qui entraine plus ou moins une heure et demi de décalage des travaux [*[23]*]. En revanche, après 22h, il existe certaines complications : parfois les réponses aux ATU sont moins évidentes à obtenir, comme pour le cas des services d'astreinte qui ne sont pas forcément au courant de la nouvelle réglementation. S'ajoute à cela, le problème de la nuisance aux riverains: certes, ils n'ont pas d'eau mais ils ont du bruit. Alors s'ils sont privés d'eau et de sommeil, cela pose d'énormes problèmes*. »

### II.2.3 - Quel est le rôle des relevés topographiques dans la procédure DT/DICT?

Les relevés topographiques sont omniprésents lors des différentes phases de travaux, que ce soit lors de la pose des réseaux neufs ou lors de toute extension ou modification de trajectoire. Par ailleurs, ils sont aussi obligatoires lors de l'établissement des IC. Ayant l'obligation d'être aussi précis en planimétrie qu'en altimétrie, ces relevés sont à effectuer par un prestataire certifié dans le cas des IC. Toutefois, s'il s'agit d'un géoréférencement à fouille ouverte, le prestataire n'est pas obligé d'avoir une certification. Or, dans ce cas, les plans de récolement de ces réseaux doivent être absolument en classe précision A.

### II.2.4 - Quels sont les délais à respecter dans le cadre de la procédure DT/DICT?

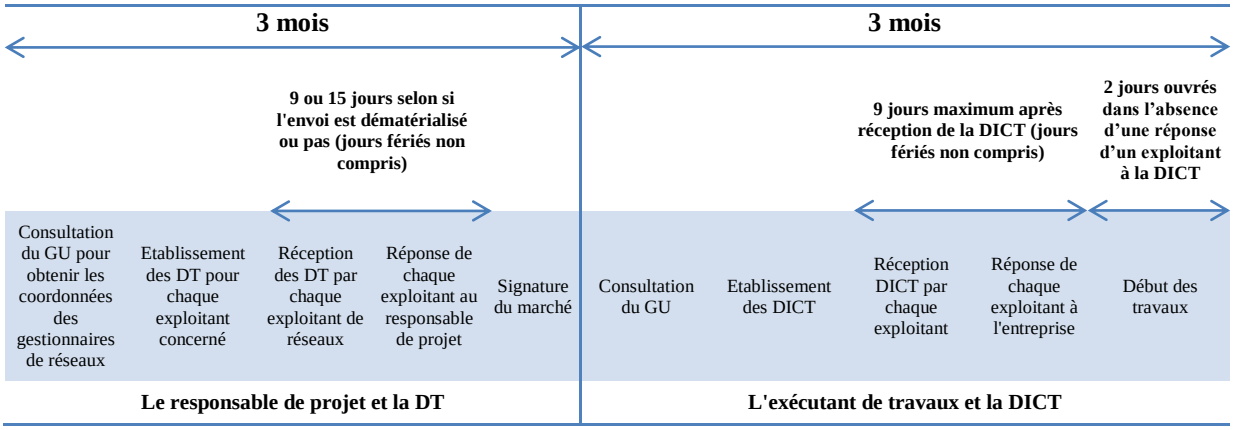

3 mois
3 mois
9 ou 15 jours selon si l'envoi est dématérialisé ou pas (jours fériés non compris)
9 jours maximum après réception de la DICT (jours fériés non compris)
2 jours ouvrés dans l'absence d'une réponse d'un exploitant à la DICT
Consultation du GU pour obtenir les coordonnées des gestionnaires de réseaux
Etablissement des DT pour chaque exploitant concerné
Réception des DT par chaque exploitant de réseaux
Réponse de chaque exploitant au responsable de projet
Signature du marché
Consultation du GU
Etablissement des DICT
Réception DICT par chaque exploitant
Réponse de chaque exploitant à l'entreprise
Début des travaux
Le responsable de projet et la DT
L'exécutant de travaux et la DICT

**Tableau 3: Délais à respecter dans le cadre de la procédure DT/DICT**

Un processus plus élaboré expliquant la démarche DT/DICT est disponible sur le site du ministère du développement durable [24].

[23] Veolia Eau IDF tient des statistiques sur le temps de traitement et la moyenne des exploitants concernés par chaque ATU et constate une baisse considérables de ces attestations grâce à l'inscription de la majorité ces exploitants sur le GU.
[24] Annexe 7 : Processus DT/DICT synthétisé en 16 étapes

## II.3 - Bilan sur la procédure DT/DICT

### II.3.1 - Appréciation générale

Selon J. Brazzini, vice-président de l'association France Sans Tranchées Technologies (FSTT), anciennement Comité Français pour les Travaux Sans Tranchée sur le territoire français, nous constatons :

- Une véritable réussite du GU avec une réduction de 3,5% du nombre d'endommagements suite aux travaux à proximité des réseaux entre les années 2011 et 2012.
- Une multiplication du nombre des déclarations (DT et DICT) établies : Deux fois plus de DT que de DR.
- Des formulaires Cerfa généralement bien remplis
- Une multiplication des opérations de marquage/piquetage sur l'emprise des travaux

### II.3.2 - Avis des acteurs

#### *II.3.2.1 - Collectivités territoriales*

La ville d'Orléans présente un bilan plutôt positif de la nouvelle réforme DT/DICT, du point de vue des différents acteurs impactés. Au niveau :

- Des responsables de projet : la localisation des réseaux est mieux déterminée, mais des efforts doivent être encore établis dans ce sens. Par ailleurs, les projets, qui sont également mieux préparés, connaissent un coût de préparation de 5%.
- Des exploitants de l'éclairage public : mise en place d'une nouvelle organisation du service avec une amélioration notable de la cartographie des réseaux.
- Des gestionnaires du domaine public: établissement d'un nouveau règlement de voirie, ainsi qu'une meilleure coordination entre les services internes, notamment en ce qui concerne le Système d'Information Géographique de la ville d'Orléans (SIGOR).

L'agglomération de Perpignan considère la réforme comme étant ambitieuse et complexe à appréhender. Impliquant des changements fondamentaux en termes de gestion de projets et de travaux, cette réforme requiert une amélioration de la cartographie ainsi que le développement d'un Système d'Information Géographique SIG au sein de l'agglomération. Par ailleurs, la pratique des instructions relatives à cette réforme implique plusieurs difficultés comme la complexité de la mise en place des IC et des constats contradictoires sur le terrain.

#### *II.3.2.2 - Exploitants de réseaux*

Les exploitants de réseaux (ErDF, GrDF, Lyonnaise des Eaux…) insistent sur la nécessité du dialogue entre les acteurs impactés par cette nouvelle réforme, surtout que cette dernière a entrainé un changement culturel considérable concernant les projets et la prise en compte de l'environnement des travaux. Pour ces exploitants, la nouvelle réglementation encourage l'innovation et la recherche pour trouver les meilleures techniques évitant l'endommagement des réseaux.

Les gestionnaires de réseaux mettent également en lumière un besoin impératif de formation par rapport aux travaux à proximité des réseaux, de professionnalisation des IC, et de connaissance du guide technique. Ils considèrent aussi que le partage des fonds de plans géoréférencés n'est pas acquis, et que l'amélioration de la cartographie des réseaux repose sur ces plans, qui ne sont pas tous en classe A à ce jour. Cela rend difficile le respect de l'échéance de 2019.

Les exploitants constatent aussi une baisse timide des dommages depuis le début de l'année 2012. Ils considèrent que tous les acteurs n'adoptent pas encore la réforme et souhaitent plus d'accompagnement de la part collectivités locales. Enfin, ils proposent de réaliser un chantier pilote par département pour servir d'exemple.

*Selon Michel Tranier,* directeur territorial à GrDF : *« La réglementation a été très ambitieuse sur l'élaboration des IC, qui se sont avérées complexes comme procédures. D'une part, le géoradar est loin d'être une science exacte, et d'une part, les entreprises utilisent des pelles mécaniques et travaillent avec des décamètres et non des GPS pointus, ce qui n'est pas très adéquat avec le géoréférencement en classe A. Par conséquent, cela crée un écart entre la réalité du terrain et ce qu'imaginait la réglementation».*

*« Nous constatons que les responsables de projets (MOA et MOE) ne respectent souvent pas la nouvelle réglementation dans la constitution des appels d'offre. En effet, ils n'établissent ni les IC, ni même parfois les DT. Le pire c'est que les entreprises de travaux répondent à ces appels d'offre même sans la présence de ces éléments primordiaux qui servent à garantir la sécurité lors des travaux »* constate Christian Le-Loup.

#### *II.3.2.3 - Exécutant de travaux*

##### II.3.2.3.1 - FNTP

Pour les FNTP, la sécurité se gagne, en partie, en amont des travaux, par une vérification de la présence de tous les documents nécessaires au bon déroulement du chantier avant son début, ainsi que par une bonne connaissance des textes réglementaires qui sont bien élaborés, cohérents, et consensuels. Ils notent des progrès évidents sur le terrain, comme par exemple pour la maintenance des marquages/piquetages.
Toutefois, ils insistent sur la profusion des changements et sur la complexité du dispositif, ce qui nécessite des délais pour leur appropriation et leur mise en œuvre par tous les acteurs des structures d'exécution de travaux. Ils mettent également en lumière un ensemble de défaillances :

- Les DCE sont souvent incomplets et les IC obligatoires non-réalisées ;
- Les obligations pour les travaux urgents sont parfois non-respectées ;
- Les opérations de marquage-piquetage sont déléguées sans rémunération ;
- L'ignorance quasi-totale du guide technique relatif aux travaux à proximité des réseaux ;
- L'absence des classes de précision sur la plupart des plans fournis.

##### II.3.2.3.2 - Veolia Eau IDF

En tant qu'exécutant de travaux, l'entreprise gère 149 communes en IDF qui sont situées hors Paris Intramuros. Depuis, le 1er juillet 2013 15 mai 2013, l'entreprise compte près de 9000 ATU, dont 1300 seulement durant les weekends et les périodes d'astreinte (entre 22h et 7h les jours de la semaine). En effet, la quantité des ATU est l'un des aspects contraignants de cette nouvelle réglementation pour l'entreprise.

*« Cette nouvelle réglementation nous a créé parfois des incompréhensions avec les collectivités locales. Cela vient du fait que ces dernières ne comprennent pas l'ensemble de cette réforme de par sa grande densité et son application sur plusieurs étapes dans le temps*[25]*. Par ailleurs, l'une des contraintes majeures de cette nouvelle réglementation est le surcoût engendré pour notre structure. En effet, nous avons engagé une entreprise externe pour déclencher ces consultations d'urgence durant les périodes d'astreinte. Or, nous n'avions pas besoin de ce genre de service avant le 1er juillet 2012, car nous avions l'habitude de régulariser la procédure avec uniquement une DICT.*
*Par conséquent, Il y a du retard, du mécontentement des gens privés d'eau et des communes où les travaux se déroulent très tard, ainsi qu'un surcoût lié au service supplémentaire»,* observe Gérard Bayon.

#### *II.3.2.3 - Prestataires de services de la détection de réseaux*

La FNEDRE présente un bilan mitigé par rapport à la nouvelle réglementation. Elle estime que les responsables de projet manquent de connaissance au sujet de la réglementation et des techniques de détection, ce qui représente des difficultés pour tout contrat relatif à une prestation de détection. Elle constate

[25] Annexe 8 : Calendrier de mise en œuvre du plan anti-endommagement

également l'absence des plans géoréférencés qui doivent servir à la préparation de ces prestations, une difficulté d'accès aux réseaux, un prix de prestations de détection souvent trop bas pour garantir des prestations de qualité, et des compétences variables de la part des prestataires en termes de savoir-faire relatifs à la détection des réseaux. Toutefois, elle affirme qu'un processus d'amélioration de la qualité des prestations relatifs à la détection (qualification interne, processus de certification) est cours de réalisation.

### II.3.3 - Avancées et difficultés de la réforme

Ci-après, un bilan sur la réforme DT/DICT :

- GU : une excellente disponibilité avec 95% des longueurs des réseaux enregistrées sur l'ensemble du territoire français. Toutefois, l'ergonomie est à améliorer ;
- Formulaires DT- DICT: un apport certain de la DT pour les projets par rapport à la DR, et une dématérialisation totale demandée par les utilisateurs.
- IC : un progrès pour la sécurité, cependant ces opérations ont besoin de professionnalisation, de demandes d'accès aux ouvrages et des autorisations de voirie. Par ailleurs, elles requièrent un allongement de délais d'étude et engendre un surcoût allant de de 5 à 15%.
- Marquage/piquetage: un début de mise en application sous la responsabilité des responsables des MOA ou de leurs délégués. Par ailleurs, une normalisation est attendue pour garantir leur qualité.
- Cartographie : peu de géoréférencement de réseaux en classe A à ce jour (figure 4).

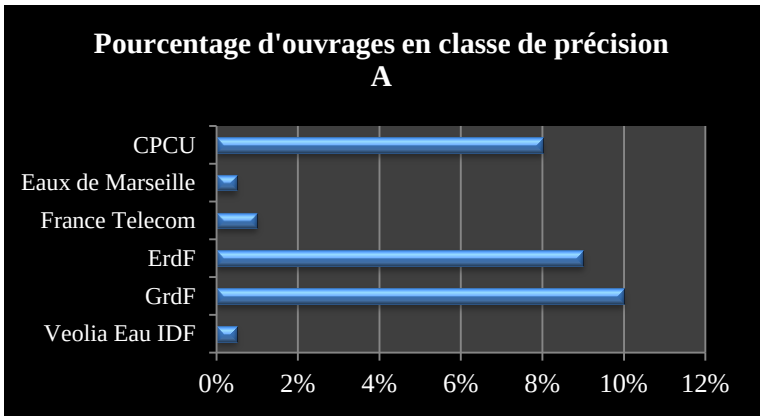



**Figure 4: Pourcentage d'ouvrages en classe de précision A au sein de différents exploitants de réseaux dans la première moitié de l'année 2013 [Résultats des entretiens élaborés dans le cadre du PFE]**

- Fonds de plan et SIG : une nécessité est identifiée et un progrès demandant une évolution réglementaire. Peu de collectivités locales et d'exploitants de réseaux disposent d'un SIG ou de plans à grande échelle ;
- Exécution des travaux et guide technique : clauses techniques et financières inexistantes, guide technique peu connu et rarement mis en pratique, et facteur humain négligé ;
- Constats contradictoires: bien acceptés mais trop exhaustifs pour certains acteurs, difficiles à utiliser sur les chantiers de travaux ;
- Travaux urgents: utilisations abusives constatées de cette procédure simplifiée.

## Récapitulatif de la partie II :

Entrée en vigueur depuis le 1er Juillet 2012, la nouvelle réforme DT/DICT a vu le jour pour faire face aux endommagements accidentels issus des travaux à proximité des réseaux, car ils mettent en péril la continuité du service public ainsi que la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement.

D'un côté, Cette réforme a entrainé des changements pratiques tels que :

- Une obligation de disposer de tous les documents nécessaires au bon déroulement du chantier avant le début des travaux (DCE, réponses aux DICT…) ;
- Une création d'un Guichet Unique ;
- Une création d'un nouvel Observatoire DT/DICT ;
- Une meilleure répartition des responsabilités entre les différents acteurs impactés par cette réforme ;
- Une meilleure gestion des travaux d'urgence ;
- Une obligation de certification pour les personnes amenées à travailler à proximité des réseaux enterrés à l'horizon de 2017 ;
- Des sanctions en cas de manquement aux consignes de sécurité mises en place, allant d'une simple amende jusqu'à une peine d'emprisonnement.

D'un autre côté, cette nouvelle réglementation a entrainé certaines contraintes comme l'allongement du délai des études de projet et les surcoûts engendrés surtout pour les exploitants de réseaux et les responsables de projets. Par ailleurs, certaines obligations inscrites dans la réforme ont du mal à démarrer, comme pour les Investigations Complémentaires ou pour les clauses techniques et financières.

Enfin, dotée d'un calendrier de mise en œuvre qui s'étale sur quinze ans, cette nouvelle réforme, autrement connue sous le nom du plan anti-endommagement, reste évolutive en fonction des bilans relatifs à sa mise en application et des avis des professionnels qui en sont impactés tels que les exploitants de réseaux, les responsables de projets, les exécutants de travaux, les collectivités territoriales, les services de l'état, et les différentes fédérations (FNEDRE, FSTT, FNTP…).

# III. Techniques et méthodologies de détection des réseaux enterrés

## III.1 - Détection par des techniques destructives

Nous entendons par technique destructive, toute méthode de sondage qui repose sur un terrassement mécanique et/ou manuel, dans le but de chercher les ouvrages à ne pas accrocher lors des travaux à proximité, tout en maintenant leur fonctionnement.
Il existe deux types de techniques de fouille :

- Mécaniques : généralement déployées lors des premières dizaines de centimètres où nous avons la certitude de l'inexistence du risque d'endommagement de l'ouvrage.
- Douces : utilisées à l'approche de l'ouvrage sur les dernières dizaines de centimètres de fouille. Elles sont souvent établies à la main, ou à l'aide d'un camion aspirateur.

Lors des travaux de terrassement, il faut adapter les techniques de fouille selon la nature du sol et des profondeurs renseignées par l'exploitant de réseaux.
Par exemple selon le règlement de voiries, les réseaux souterrains doivent être enterrés à une profondeur minimale de 70 cm au-dessous des voiries et de 50 cm au-dessous des trottoirs. Par conséquent, les entreprises exécutantes de travaux savent qu'elles peuvent creuser jusqu'à une vingtaine de centimètres au-deçà de ces profondeurs, sans utilisation de techniques douces et sans s'attendre à des surprises. Toutefois, il faut toujours être prudent lors de ces travaux car nous ne sommes jamais à l'abri d'un endommagement accidentel comme ce fut le cas en 2007 à Bondy, où les travaux de creusement devaient être réalisés à une profondeur de 60 cm, et où une conduite de gaz était placée à une profondeur de 50 cm au lieu de 80 cm. Lors de ces travaux sur la voirie et en absence d'un grillage jaune avertissant la présence de la canalisation de gaz, une perforation accidentelle s'est produite. Cet accident a provoqué une explosion meurtrière avec des dégâts humains et matériels dramatiques : un mort et 47 blessés par brûlures, ainsi qu'un café-restaurant en partie soufflé.

Souvent l'entreprise exécutante de travaux connait la nature des ouvrages qu'elle cherche. En amont des travaux de terrassement, elle a l'obligation de disposer des recommandations techniques et des plans issus des réponses aux DT/DICT.
Ces plans contiennent des repères pour référencer de la zone du projet qui peuvent être des points connus en planimétrie et en altimétrie ou des objets durs comme des bords de trottoirs ou des affleurant visibles.
Sur le terrain, il faut procéder au marquage-piquetage au sol de la position des ouvrages avant le début des travaux de terrassement, tout en déportant tout tracé susceptible d'être effacé. Cette opération de marquage-piquetage est effectuée sous la responsabilité du MOA, qui la délègue parfois au MOE, ou aux prestataires de services de géodétection et géoréférencement, ou même parfois aux entreprises exécutantes de travaux.
Par ailleurs, il est important de faire le lien entre l'environnement de la zone de projet et les plans des réseaux fournis. En effet, il faut constater la chaussée et son éventuel affaissement ainsi que les éléments de repérage (plaques, coffrets...).

Il arrive parfois que le tracé d'un réseau ne corresponde pas vraiment à la réalité du terrain, comme par exemple lorsque nous constatons qu'un ouvrage passe au bord d'un arbre car nous savons au préalable que cela n'est pas possible. En effet, le règlement de la voirie prévoit un rayon de 2m à partir du centre de l'arbre, où aucun réseau ne doit passer.
Dans ce cas, il faut commencer par un terrassement à la pelle mécanique jusqu'à une certaine profondeur (45 cm par exemple), ensuite il faut continuer à creuser avec des techniques douces.

L'objectif de l'utilisation des techniques intrusives est de mettre à nu tous les réseaux qui rentrent dans la zone de travaux afin d'avoir une visibilité sur la position de l'ouvrage et connaitre aussi précisément son matériau de construction, son diamètre extérieur, son revêtement de protection, et ses caractéristiques

géométriques. Nous pouvons aussi constater les points singuliers comme les changements de direction et de pente ainsi que les organes de coupure et leurs accès.

Pour plus de précisions sur les recommandations techniques relatives à la réalisation d'un sondage intrusif, vous pouvez consulter le [Guide Technique relatif aux travaux à proximité des réseaux, version juin 2012, page 71].

## III.2 - Détection par des techniques non-destructives

Actuellement, il n'existe pas de méthode non-destructive qui garantit à 100% la détection de tous les types des ouvrages[26], c'est pourquoi il faut étudier les différentes techniques et les adapter aux différents types des réseaux et aux conditions environnementales de la zone de projet.

### III.2.1 - Détection électromagnétique

#### *III.2.1.1 - Principe*

Cette technique non-intrusive repose sur la détection des ondes électromagnétiques qui se diffusent dans un réseau conducteur de courant. Ce dernier peut être un réseau d'électricité ou de téléphone, mais aussi une canalisation dont le matériau de construction permet le transport du courant. C'est le cas des ouvrages d'eau, d'assainissement ou de gaz qui sont en cuivre, en plomb ou en acier. Par ailleurs, certains réseaux ne sont pas conducteurs de nature, mais ils sont parfois posés avec des câbles conducteurs de courant de type Plynox qui permettent la détection. C'est le cas de certains réseaux de fibre optique.

Trois méthodes de détection électromagnétique sont utilisées selon la nature des réseaux à détecter, la possibilité d'accès au réseau, la présence ou non d'affleurant et la finalité de la détection (évitement des endommagements ou fourniture de la cartographie des réseaux) :

##### III.2.1.1.1 - Détection électromagnétique en mode passif

Cette méthode de détection est déployée, sans avoir recours à l'émetteur de courant, sur des réseaux conducteurs dotés de leurs propres champs électromagnétiques (figure 5). Elle permet de détecter les ondes généralement induites, d'une part, par les réseaux électriques dont la fréquence du signal est d'environ 50 à 60 Hz, et d'autre part, par les ondes Radio de basses fréquences allant généralement de 16 à 22 kHz [Manuel d'utilisation du vLoc-5000, 2012].

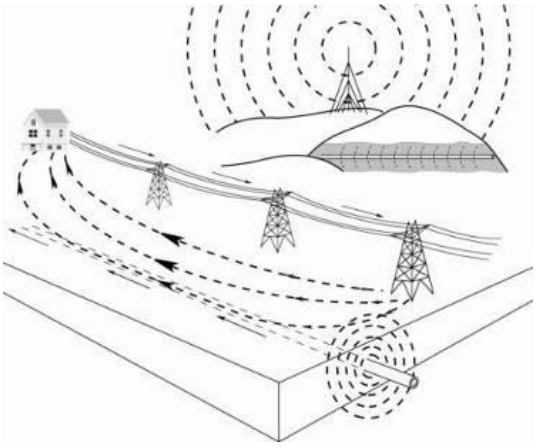


**Figure 5: Schéma présentant les champs électromagnétiques induits par des réseaux souterrains et aériens [Manuel d'utilisation du vLoc-5000]**

Cette technique de détection sert à localiser grossièrement les réseaux souterrains, afin d'éviter de poser l'émetteur de courant à leur aplomb ou à proximité. Elle est efficace même sur profondeurs importantes allant jusqu'à 3,5 m. Toutefois, elle connaît rapidement une perturbation électromagnétique externe du fait de l'éventuelle présence des réseaux aériens à proximité.

##### III.2.1.1.2 - Détection électromagnétique en mode actif

Cette technique de détection est déployée avec l'utilisation d'un émetteur de courant dont la fréquence du signal émis doit être la même que celle du récepteur. Pour effectuer la détection en mode actif, il existe trois modes de transmission différents :

[26] Annexe 9 : Présentation des principaux ouvrages à détecter et des risques afférents

- Le mode de transmission indirect par induction (figure 6): ce mode est utilisé lorsque le contact, avec le réseau conducteur à détecter, n'est pas possible pour établir un branchement direct.
  Pour établir la transmission, nous positionnons l'émetteur sur la surface du sol à l'aplomb de l'ouvrage, afin qu'il puisse y induire une fréquence de positionnement. Par ailleurs, la mise en place de l'émetteur est effectuée à la verticale du réseau à tracer ou à géoréférencer, en se référant aux plans issus de la réponse à la DICT et aux affleurants visibles sur le terrain. Néanmoins, cette méthode possède des limites techniques telles que le risque de confusion lors de la transmission du signal qui est diffusé sur les réseaux conducteurs proches de l'ouvrage détecté. Cela peut influencer considérablement la précision des mesures planimétriques, et celle de la profondeur.
  Ainsi, ce mode est utilisé parfois pour effectuer le tracé des réseaux conducteurs souterrains du fait de sa rapidité d'exécution de la non-nécessité de branchement l'émetteur sur le réseau. Néanmoins, il est formellement déconseillé de s'en servir pour des prestations de géoréférencement, car il est le mode de transmission le moins précis.

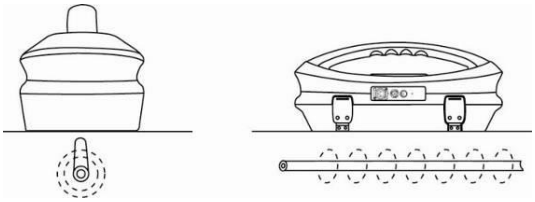


**Figure 6: Schéma de l'émetteur en mode de transmission actif indirect par induction [Manuel d'utilisation du vLoc-5000]**

- Le mode de transmission par utilisation d'une pince de serrage (figure 7): lorsque le réseau conducteur est accessible mais doté d'une isolation empêchant tout raccordement direct ou qu'il est sous haute tension, nous utilisons un couplage du générateur avec une pince circulaire serrée autour du réseau et qui y induit un champ électromagnétique. Encore, faut-il espérer que le réseau permette un accès suffisant pour placer la pince autour de lui.
  Toutes les pinces sont optimisées pour fonctionner à des fréquences spécifiques comprises entre 8 kHz et 65 kHz. Par ailleurs, l'émetteur de courant ne permet la sélection que d'une fréquence adaptée à la pince.
  Ne suscitant aucune liaison avec la terre et particulièrement pratique pour détection des réseaux d'énergie, ce mode réduit considérablement les risques de confusion entre les réseaux conducteur trop proches. Ainsi, il permet une détection plus précise que celle qui est garantie par le mode de transmission par induction.

  N.B : lors d'une prestation de détection utilisant ce mode de transmission, il arrive parfois d'être serré à un corps peint comme le cas de certains candélabres appartenant à l'éclairage public. Néanmoins, comme la peinture est une matière isolante, il est normal que nous n'arrivons pas à détecter l'ouvrage souhaité. Pour remédier à la question, il faut disposer de toutes les habilitations nécessaires et en particulier dans ce cas, celle relative au risque électrique, afin de pouvoir ouvrir les coffrets nécessaires pour se brancher dessus.

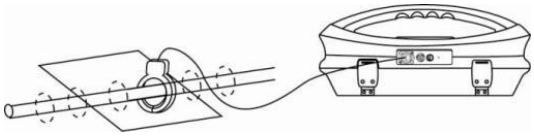


**Figure 7: Schéma de l'émetteur en mode de transmission par utilisation d'une pince de serrage [Manuel d'utilisation du vLoc-5000]**

- Le mode de transmission direct par raccordement (figure 8): en se référant à ce mode, dès que nous avons la possibilité d'accès à une partie conductrice et non protégée par une isolation du réseau, nous y

branchons l'émetteur avec des pinces crocodiles qui lui sont reliées par des cordons et des câbles connecteurs.

Ne s'appliquant à des câbles transportant plus de 35 V que si les mesures sécuritaires le permettent, ce mode repose généralement sur les fréquences de transmission de 512 Hz, 640 Hz et 8 kHz. Sa combinaison avec une grande puissance et une faible fréquence contribue de manière significative à la réalisation de plus grandes distances de détection électromagnétique.

En outre, l'émetteur est protégé des courants parasites autour de lui. Ce qui permet d'obtenir les meilleurs résultats, même en présence d'une importante zone souterraine dense en réseaux enterrés.

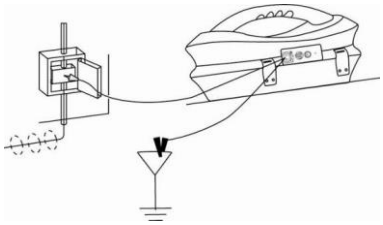


**Figure 8: Schéma de l'émetteur en mode de transmission direct par raccordement [Manuel d'utilisation du vLoc-5000]**

### III.2.1.1.3 - Détection électromagnétique par sonde

La sonde est une petite bobine émettrice de courant qui est alimentée par sa propre batterie interne, ou par un transmetteur externe. Nous nous servons de la détection électromagnétique par sonde lorsque nous sommes en présence d'un réseau souterrain creux et non conducteur de champs électromagnétique (figure 9). C'est le cas des infrastructures souterraines en PE, PVC, béton, comme pour certaines canalisations comportant de l'eau, de l'assainissement ou du gaz.

Nous introduisons une sonde, par exemple une aiguille détectable (Flexitrace), dans le réseau à tracer ou à géoréférencer, et nous y envoyons ensuite un signal par le biais de l'émetteur qui lui est couplé. Enfin, la fréquence émise par la sonde est reçue par le récepteur. Cette technique est très utile pour détecter les réseaux non conducteurs. Néanmoins, la nécessité d'émettre la sonde à l'intérieur de des ouvrages sans nuire à leur fonctionnement rend son applicabilité limitée par les prestataires de détection.

**Figure 9: Détection électromagnétique par sonde [SEBA KMT]**

Parmi les quatre modes de détection fournis généralement par les récepteurs, il existe le mode sonde.

En raison de sa conception, une sonde fournit une réponse différente lors d'une détection parallèle ou perpendiculaire à sa direction. En premier lieu, lors d'une détection parallèle, nous obtenons trois pics distincts « Un petit/Un grand/Un petit ». La localisation de la sonde s'effectue grâce au grand pic obtenu (Cas n° 1°). Ensuite, lorsque nous croisons perpendiculairement la sonde à travers notre détection par le récepteur, nous retrouvons une réponse de pic classique similaire à celle du mode Maxi (Cas n° 2).

Ces deux possibilités de détection par le mode sonde permettent à la fois la localisation des ouvrages et le contrôle de leur position.

***Cas n°1***

***Cas n°2***

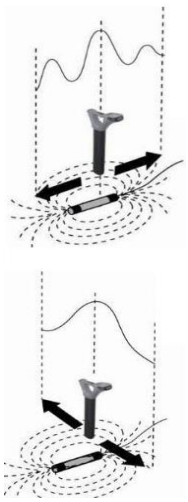


**Figure 10: Schéma d'utilisation du mode sonde [Manuel d'utilisation du vLoc-5000]**

### *III.2.1.2 - Procédure et conseils relatifs à la détection électromagnétique*

A l'issue de deux démonstrations terrain sur différents détecteurs électromagnétiques [vLoc-5000 et le vLoc Pro2 (Vivax Metrotech), le RD8000 PDL (SPX) et le détecteur de 2573 (3M)], et en se référant au manuel d'utilisation du vLoc-5000, nous avons établi la méthodologie de détection électromagnétique suivante :

#### III.2.1.2.1 - Choix du mode de branchement

En se basant sur les préconisations vues dans la partie [III.2.1.1.2 - Détection électromagnétique en mode actif], nous cherchons tant que possible à effectuer une détection en mode actif par raccordement direct à l'âme du réseau, tout en se servant des cordons et des pinces crocodiles (photographie 2).

**Photographie 2 : Branchement du cordon rouge à l'âme du réseau électrique**

Le câble de raccordement détient deux cordons (un rouge et un noir). Tout d'abord, nous commençons par brancher le cordon rouge à l'âme du câble. Nous relions ensuite le cordon noir à une masse appropriée (un piquet de terre fourni avec l'émetteur), qui doit être installée sur une terre indépendante (terre végétale, grille protégeant un arbre, de l'eau…).
Ainsi, le signal transmis par le générateur traverse le cordon rouge, pour aller vers la prise de potentiel. Il traverse la conduite pour revenir par la terre indépendante.

Si nous souhaitons détecter d'un côté spécifique du réseau, il est recommandé dans l'emplacement du générateur, de choisir une terre indépendante placée le plus loin possible de l'autre côté du réseau et à un angle droit par rapport à son linéaire [Seba KMT, 2013].

Par ailleurs, il faut être vigilant pour que la pose de la masse métallique du générateur du courant soit sans risque de blessures ou de dégradation de la végétation présente sur la terre. En plus, par une confirmation issue d'une détection en mode passif, cette masse doit être loin de tout réseau conducteur ou d'une de ses chambres, et de toute structure métallique comme des grillages. Dans le cas échéant, le signal peut éventuellement retourner sur ces éléments au lieu que cela se fasse sur la masse.

A noter également que la qualité de la terre conditionne fortement la transmission du signal. En effet, plus la terre est bonne, surtout en terme d'humidité, plus nous montons en puissance au niveau du générateur. Par ailleurs, il est recommandé durant les périodes sèches d'arroser cette masse afin d'augmenter la puissance du courant, due à la grande capacité de conduction de l'eau impure. Ainsi nous améliorons la qualité de détection de réseaux conducteurs [Radiodetection, 2013].

Avec les cordons, il ne faut surtout pas travailler sur un réseau sous tension car l'isolation n'est pas extraordinaire et l'appareil n'est pas protégé. Par exemple, lorsque nous détectons un réseau d'éclairage public, il faut s'assurer que l'interrupteur ne soit pas en marche au niveau de l'armoire. Pour remédier à la question, il existe un connecteur de câbles sous tension qui permet de protéger la machine [Radiodetection, 2013].

#### III.2.1.2.2 - Paramétrage de l'émetteur du courant

Nous agissons sur l'émetteur en réglant les paramètres de l'intensité du courant et de fréquence du signal. Ces réglages sont effectués en fonction de la qualité du branchement, de la qualité de la terre, du type de l'ouvrage détecté et de son impédance, de la longueur que nous souhaitons parcourir, et de la perturbation du signal causée par la présence de réseaux conducteurs à proximité. En absolu, il n'existe aucun compromis

concernant le choix de l'intensité du courant et de la fréquence du signal pour chaque type d'ouvrage. C'est lors des tests sur le terrain, en amont de la prestation de détection, que nous effectuons ce choix.

Dans le cas d'une fréquence élevée, nous serons en présence d'une tension forte, ce qui implique une meilleure capacité du signal émis à se propager dans des milieux peu conducteurs. Par conséquent, les transmissions en induction et en pince de serrage requièrent des hautes fréquences situées entre 8 kHz et 65 kHz, pour une meilleure propagation du signal. Néanmoins, en mode de raccordement direct nous travaillons plutôt sur des basses fréquences, situées entre 512 Hz et 8 kHz, afin d'éviter l'effet de la propagation du signal sur les réseaux voisins. Il faut préciser que lors des deux démonstrations, nous avons procédé à une transmission de signal en mode direct ou en mode de serrage par pince, avec le plus souvent une fréquence de 640 Hz ou de 8 kHz. Ces deux fréquences, et surtout la première, offrent un bon compromis entre la bonne propagation du signal sur le réseau à détecter et l'annulation du risque de couplage [Mémoire TFE de J-F Bach, 2013].

Par ailleurs, nous diminuons généralement le débit de l'émission lorsque nous travaillons à proximité de notre émetteur. Agissant comme un générateur de courant, ce dernier envoie un signal vers le récepteur qui est de plus en plus pur en présence de faibles valeurs de l'intensité du courant et de la fréquence du signal. Néanmoins, en augmentant la puissance du courant, nous pouvons mener la détection à des distances plus importantes, mais l'intensité maximum est rapidement atteinte car le courant propagé est limité par l'impédance du câble [Seba KMT, 2013].

N.B : Les distances parcourues lors de la détection varient entre une centaine de mètres et quelques kilomètres ($D_{maxi} \approx 5$ km), en fonction des milieux traversés, du type de câble, de sa capacité à transmettre le signal et de son vieillissement :

- Pour les réseaux d'énergie et plus particulièrement pour les câbles HTA, nous pouvons atteindre une distance de détection de 2 km. Le coefficient de transfert du courant est de 57%, ainsi nous constatons une perte de presque la moitié de la vitesse de transmission des ondes électromagnétiques ;
- Pour les réseaux de l'éclairage public, nous n'atteignons jamais des longueurs faramineuses ;
- Pour la canalisation en acier ou en gaz, nous parcourons de longues distances de détection allant jusqu'à 3 à 4 km ;
- Pour les ouvrages de transport téléphonique, qui connaissent une perte de 8/10, nous pouvons parcourir une distance allant jusqu'à 5 km. Le coefficient de transfert en téléphonie est de 66% et en câble Data de 80% [Radiodetection, 2013].

Ces derniers ouvrages sont forcément très conducteurs car ils sont dotés de la vitesse de transmission la plus élevée, ce qui aide à augmenter la distance de détection. Néanmoins, tous les câbles relatifs à un type d'ouvrage ne sont pas égaux en termes de bonne détection, car leurs vitesses de transmission varient considérablement selon leur vieillissement. Nous remarquons cela lors des tests de l'échométrie des réseaux, c'est-à-dire lors de la recherche des défauts [Radiodetection, 2013].

#### III.2.1.2.3 - Détection par le récepteur

Après avoir choisi une fréquence de signal et une intensité de courant sur le générateur, il faut s'éloigner de quelques mètres du point d'injection du courant afin de localiser dans un premier temps grossièrement le réseau. Il faut établir un balayage rapide par le récepteur dont la fréquence de signal affichée sur son écran doit être synchronisée avec celle du générateur (photographie 3). Nous devons ensuite préciser la direction du réseau, puis vérifier son orientation en plusieurs endroits. Par ailleurs, il faut tourner le récepteur à 90° et voir si la réponse numérique est bien proche de 0. Enfin il faut effectuer la détection de l'ouvrage tout en enregistrant les valeurs d'intensité et de profondeur.

N.B : La profondeur annoncée par le récepteur, lors d'une détection électromagnétique, est celle qui sépare le sol au centre de l'ouvrage. Par conséquent, pour la canalisation dont le diamètre est non-négligeable, il faut

soustraire son rayon à la profondeur annoncée par le détecteur électromagnétique afin d'obtenir la profondeur exacte séparant le sol de la génératrice supérieure de l'ouvrage.

| | |
|---|---|
| 1 | Flèches d'indication de la position de la canalisation |
| 2 | Boussole indiquant la direction et le sens du signal |
| 3 | Réponse numérique du signal |
| 4 | Affichage analogique du signal |
| 5 | Fréquence de l'émission |
| 6 | Profondeur annoncée |

**Photographie 3: Paramètres d'affichage d'un détecteur électromagnétique**

Les récepteurs disposent généralement de plusieurs antennes, qui peuvent être activées à travers différents modes et configurations, afin de fournir des réponses variables au signal reçu par les ouvrages enterrés. Mis à part le mode sonde, qui est développé dans la partie [III.2.1.1.3 - Détection électromagnétique par sonde], les trois autres modes sont les suivants:

- Le mode Nul (figure 11): en utilisant des antennes verticales, cette configuration du récepteur offre une réponse minimum, voire nulle, à l'aplomb du réseau conducteur enterré. Ce mode est pertinent lors de la détection des infrastructures souterraines denses. Néanmoins, il nous expose aux inexactitudes dues à la distorsion du champ électromagnétique. Ainsi, il est le mode le moins utilisé.

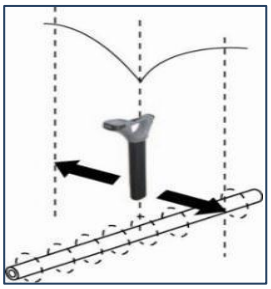


**Figure 11 : Schéma d'utilisation du mode Nul [Manuel d'utilisation du vLoc-5000]**

- Le mode Large/Maximum (figure 12): en utilisant une seule antenne horizontale, ce mode fournit une réponse maximale au centre du signal reçu. Lorsque les câbles et canalisations sont enterrés à des profondeurs importantes, ce mode nous sert à effectuer une première détection grossière avant de passer à une configuration plus précise du récepteur qui est le mode Max. Enfin, ce mode nous sert également lors de la vérification de profondeur par la méthode de triangulation manuelle.

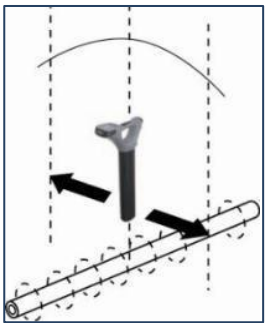


**Figure 12: Schéma d'utilisation du mode Large /Max [Manuel d'utilisation du vLoc-5000]**

- Le mode Max (figure 13): en utilisant deux antennes horizontales, ce mode fournit aussi une réponse maximale au centre du signal reçu. Il s'agit bien du mode de localisation le plus précis des trois car nous nous servons de deux antennes permettant une identification remarquable du pic.

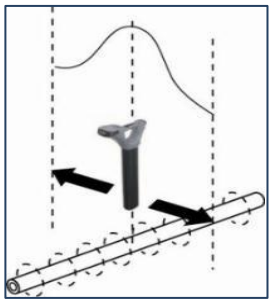


**Figure 13: Schéma d'utilisation du mode Max [Manuel d'utilisation du vLoc-5000]**

Lors d'une prestation de détection avec le mode Max, il est primordial de régler la sensibilité de détection en choisissant la réponse adéquate du signal. Il est généralement conseillé de travailler aux alentours de 70% de réponse de signal. En effet, le réglage de la sensibilité repose sur le principe d'un multimètre à aiguille : si nous procédons à une détection en bas de l'échelle de la sensibilité, nous pouvons détecter le signal reçu de la part du réseau conducteur mais pas son maximum. Toutefois, quand nous augmentons trop la sensibilité, la moindre variation est visible [Radiodetection, 2013].

Hormis l'utilisation du mode Max, nous pouvons aussi nous aider par l'indication des flèches pour localiser l'ouvrage enterré. En effet, cela s'avère être souvent très utile sur le terrain, mais parfois piégeux : le maximum de signal pourra être quelque part alors que les flèches l'indiquent ailleurs. Cela arrive lors d'une distorsion de signal.

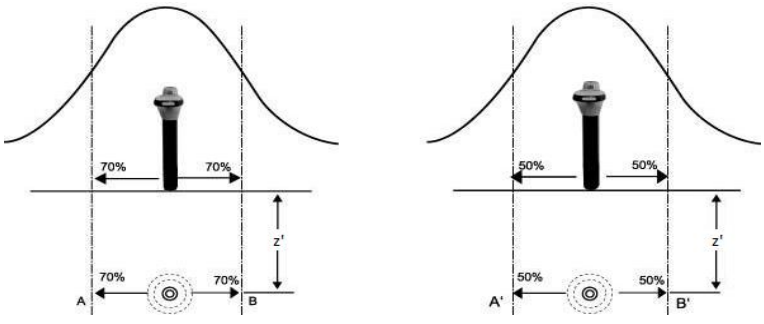
Par conséquent, il est demandé à l'opérateur sur le terrain d'être vigilant lors d'une prestation de détection afin de fournir les meilleurs résultats possibles à l'aplomb du réseau, car toute erreur sur la position planimétrique affecte considérablement la mesure de profondeur annoncée du réseau enterré, en suivant le principe de la triangulation [FNEDRE/C.P.F.D, 2013].

### III.2.1.2.4 - Vérification de la profondeur par le principe de triangulation

Avant de procéder à la vérification de la profondeur des réseaux, il faut porter un œil critique sur les valeurs annoncées en présence d'infrastructures souterraines denses ou lors d'une détection sur un ouvrage doté d'un coude significatif. Cela vient du fait de la présence, dans ces cas, du phénomène de la distorsion du champ électromagnétique [Manuel d'utilisation du vLoc-5000].
C'est de cette remarque que vient l'idée de l'installation d'une tranchée secondaire lors de la première expérimentation développée dans la partie [VI.1 - Première expérimentation].

Pour contrôler la profondeur annoncée par le récepteur, nous effectuons une méthode de vérification reposant sur le principe de triangulation (figure 14). Cette dernière s'effectue d'une manière semi-automatique sur le détecteur vLoc-5000, et d'une manière manuelle d'autres détecteurs comme le RD8000 PDL et le vLoc Pro2 :

- La méthode manuelle : la vérification de la profondeur Z' s'effectue avec le mode Large/Maximum selon deux modes de triangulation à 50% et à 70%. Pour ce faire, nous commençons par nous positionner à l'aplomb du réseau avec une réponse numérique du signal à 100%, ensuite nous décalons le récepteur d'un côté et d'un autre de cette position jusqu'à ce que la réponse numérique du signal atteigne 70% -*50%*-. Enfin, nous marquons au sol les deux positions A et B, dont la distance $D_{AB}$ -*ou la moitié de la distance* $D_{AB}$-, doit être équivalente à la profondeur annoncée par le détecteur.




$Z' = D_{AB}$ $\qquad$ $Z' = \frac{1}{2} * D_{AB}$

**Figure 14: Schéma montrant le principe de la triangulation manuelle à 50% et à 70% [Manuel d'utilisation du vLoc-5000]**

- La méthode semi-automatique (vLoc-5000) : l'écran d'affichage du détecteur électromagnétique est doté d'une courbe de gausse dont le sommet correspond au centre de la canalisation. La suite de la vérification de profondeur reste la même que pour la méthode manuelle.

Lors de la démonstration avec le vLoc-5000, nous avons réalisé une vérification de la profondeur des ouvrages en se basant sur la méthode de triangulation semi-automatique (photographie 4).
Nous trouvons Z'= 86 cm et $D_{AB}$ = 94 cm, d'où une erreur sur la détection de 8,5%. Cette importante erreur peut s'expliquer par la nature du terrain qui n'est pas plat, ainsi par la présence d'un second réseau conducteur du côté de la position A, créant une distorsion du signal.

**Photographie 4: Vérification terrain de la profondeur par la méthode de triangulation semi-automatique**

### *III.2.1.3 - Bilan*

Il a été retenu de cette présentation des différents détecteurs (photographie 5), que lors d'une prestation de détection électromagnétique, il faut que l'opérateur soit très attentif à son environnement et reste humble dans l'approche de son travail. En effet, les éventuels coffrets de gaz et d'électricité, présents sur le terrain, ne sont pas le fruit du hasard. S'ils sont là, c'est parce qu'il existe aussi des réseaux auxquels il faut porter une attention particulière lors de la détection car ils peuvent en être des éléments perturbateurs.

**Photographie 5: Présentation du vLoc-5000, le vLoc Pro2 (Vivax Metrotech), du RD8000 PDL (SPX), et du détecteur 2573 (3M)**

Il faut travailler tant que possible en mode de transmission directe par le générateur et en mode de réponse maximale par le récepteur. Il faut aussi régler les paramètres de fréquence du signal et de l'intensité du courant pour garantir un maximum de précision sur la détection. Par ailleurs, il faut être vigilant quant à l'eventuelle présence de la distosion du champ électromagnétique.

En dernier lieu, il ne faut pas oublier, à la fois, d'enregistrer les paramètres de détection et de soustraire, le rayon de la canalisation s'il est non-négligeable, à la profondeur annoncée. En outre, il faut effectuer régulièrement un contrôle terrain des profondeurs par la méthode de triangulation.

*[Seba KMT, 2013 ; FNEDRE/C.P.F.D/, 2013] Démonstration terrain avec Hubert Brerot (FNEDRE/C.P.F.D), Stephan Delafontaine et Frank Veelenturf (Seba KMT/Vivax Metrotech) sur les détecteurs électromagnétique vLoc-5000 et le vLoc Pro2 (Vivax Metrotech), le RD8000 PDL (Radiodetection), et le détecteur de 2573 (3M), Gisors. 2013.*

*[Radiodetection, 2013] Démonstration terrain avec Thierry Lecacheur sur le détecteur électromagnétique RD8000 PDL. Marne-la-Vallée. 2013.*

### III.2.2 - Détection par géoradar

#### *III.2.2.1 - Principe*

Le géoradar, autrement appelé le radar géophysique ou encore le radar du sol, est une technologie complexe qui repose sur le phénomène de propagation des ondes électromagnétiques : émission par une antenne, réfraction ou transmission dans le sous-sol avec une dispersion ondulatoire, et récupération du signal retour par une antenne de réception. Ainsi, l'examen de ces ondes électromagnétiques captées nous révèle l'identité de la structure souterraine et des éventuels réseaux enterrés qui y sont présents.

Contrairement aux géoradars fréquentiels dont le développement et la recherche sont toujours en cours d'élaboration et qui connaissent beaucoup de limites instrumentales, la majorité des géoradars sont de nature impulsionnelle. Ils sont généralement composés d'une ou plusieurs antennes émettrices/réceptrices, d'un ordinateur de bord traitant le signal et permettant sa visualisation, et d'un support contenant un chariot à roues codeuses et un odomètre.

Les géoradars envoient un enchainement de courtes impulsions à une grande vitesse, allant de 1 à 50 ns, sur la structure détectée.

Une première partie de ces impulsions est absorbée par le milieu souterrain, ensuite une seconde partie est réfractée lors de la rencontre d'une discontinuité physique dans le milieu ausculté, enfin une troisième partie est réfléchie, captée et enregistrée par le géoradar sous forme d'un profil-temps (figure 15). Cette troisième partie est un ensemble d'échos successifs relatifs aux paramètres de permittivité, ou de conductivité de la structure souterraine explorée. Ces échos permettent l'identification, à la fois, des différentes interfaces entre les strates et des éléments souterrains singuliers comme le cas des réseaux à détecter.

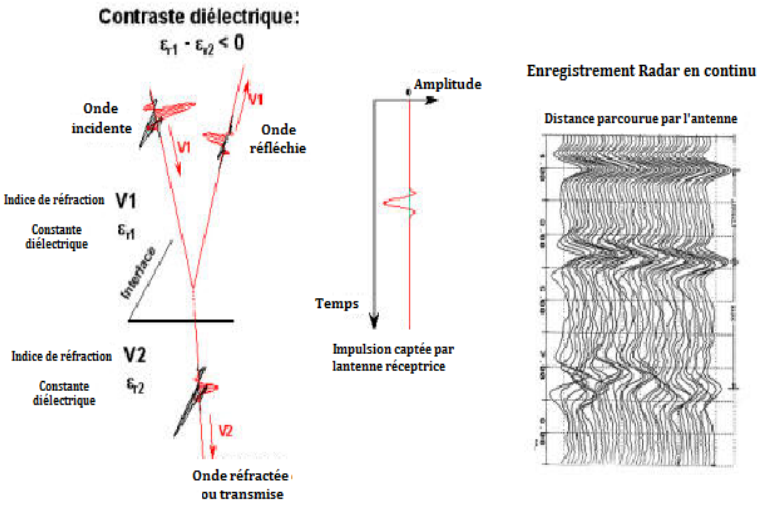



**Figure 15: Principes de base du géoradar [georadar.com/]**

Etant une fraction de la vitesse de lumière ($8.10^8$ m), la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques est conditionnée par les milieux traversés et leurs constantes diélectriques.

Par ailleurs, variant entre 10 MHz à 2 GHz, les fréquences utilisées par les antennes d'un géoradar à impulsion sont relativement hautes. Le choix d'une fréquence conditionne, à la fois, la profondeur potentielle d'investigation et la résolution spatiale (distance minimale entre deux discontinuités susceptibles d'être différenciées par le géoradar). Ainsi pour les fréquences les plus élevées, qui sont aux alentours de 1 GHz, elles fournissent des meilleures résolutions spatiales, des images radars précises, mais des petites profondeurs et vis-versa.

Hormis la fréquence d'émission, la nature du sol conditionne aussi considérablement la qualité de la détection et les profondeurs atteintes [27]. Ainsi, la profondeur est plus élevée en présence de milieux résistants (Sable, béton, granite calcaire sec…), et moins élevée en présence de milieux conducteurs (Argile, marne humique…) [georadar.com/] (Tableau 4).

[27] Annexe 10 : Radargrammes illustrant l'importance de la nature du terrain et du post-traitement sur les données extraites du géoradar

| Roche | Conductivité [ S/m ] | Résistivité [ Ωm ] | Constante diélectrique |
|---|---|---|---|
| Argiles | $10^{-3}$ - 2 | 0.5 - 1000 | 8 - 12 |
| Basalte | $10^{-4}$ - $10^{-3}$ | $10^{3}$ -$10^{4}$ | 5 - 7 |
| Calcaire sec | $10^{-4}$ - $10^{-3}$ | $10^{3}$ - $10^{4}$ | 6 - 8 |
| Granite | $7*10^{-5}$ - $10^{-3}$ | $10^{3}$ - $1.5*10^{4}$ | 5 - 6.5 |
| Grès | $3*10^{-4}$ -$2*10^{-3}$ | 500 - $3*10^{3}$ | 4 - 5 |
| Quartzite | $10^{-4}$ - $10^{-3}$ | $10^{3}$ - $10^{4}$ | 4 - 5 |
| Sable sec | $10^{-7}$ - $10^{-3}$ | $10^{3}$ - $10^{7}$ | 4 - 6 |
| Sable saturé | $10^{-4}$ - $10^{-1}$ | 10 - $10^{4}$ | 30 |
| Roches salines | $10^{-6}$ - $10^{-5}$ | $10^{5}$ - $10^{6}$ | 5 - 6 |
| Glace | $10^{-6}$ - $3*10^{-5}$ | $3*10^{4}$ - $10^{6}$ | 3.2 |
| Eau douce | $10^{-6}$ - $10^{-4}$ | $10^{4}$ - $10^{6}$ | 81 |
| Eau de mer (salinité = 32 ‰ ) | 3 | 0.3 | 77 |
| Air | 0 | | 1 |

**Tableau 4: Valeurs communes de conductivité, résistivité et constante diélectrique pour des matériaux géologiques communs [georadar.com/]**

Le déplacement du géoradar assure l'acquisition du signal retour sous forme de scans, et ainsi la formation d'un radargramme (image radar en coupe relative aux milieux traversées). Ce dernier est une représentation graphique reposant sur deux axes affichés sur l'écran du géoradar. Les distances parcourues « D » sont représentées dans l'axe des abscisses, et les profondeurs d'investigation « Z' » ou les mesures de temps « T » dans l'axe des ordonnées (figure 16). Il faut noter qu'il existe une relation directe entre le temps aller-retour nécessaire à la propagation des ondes électromagnétiques et la profondeur d'investigation.

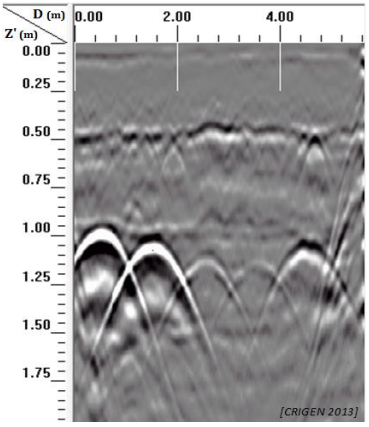



**Figure 16: Exemple de radargramme [CRIGEN, 2013]**

Sur ce radargramme, nous constatons aussi la présence d'hyperboles de réflexion issues de la rencontre entre les ondes électromagnétiques et la surface de l'objet présent sur la structure souterraine (figure 17). Ce dernier peut être un réseau enterré comme il peut être une cavité, un engin explosif, ou un bloc rocheux.

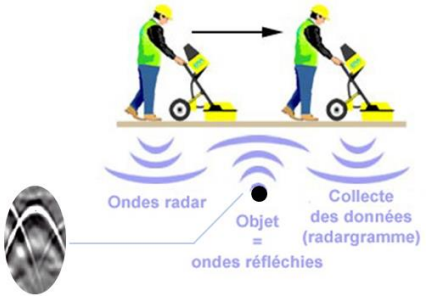



**Figure 17: Production des hyperboles de réflexion [visioreso.fr]**

Les domaines d'application du géoradar ne se limitent pas uniquement à la détection des réseaux enterrés. Il existe d'autres champs d'application comme:

- L'étude de présence des vertiges archéologiques ;
- La détection hydrologique et la recherche de l'eau ;
- L'étude stratigraphique d'une structure (Glacier rocheux…) ;
- La réflexion sur des problématiques environnementales (Étude de pollution des sols…) ;
- Les études géotechniques et/ou de génie civil (Localisation de zones d'affaissement, Étude de la stabilité des talus…).

### *III.2.2.2 - Avantages et limites techniques*

- Le géoradar est une technique de détection non destructive offrant l'avantage de détecter tous les types de réseaux enterrés, qu'ils soient conducteurs ou non (PVC, PE ou tout autre polymère, béton, plomb, fonte, composites, cuivre, acier…). Avec cette technique, nous n'avons pas besoin de nous préoccuper des questions de raccordement au réseau et d'autorisations d'accès, comme c'est le cas pour la détection électromagnétique. Toutefois, nous avons besoin d'employer notre savoir-faire en matière de détection par géoradar pour régler la constante diélectrique relative à la nature du sous-sol ausculté et juger l'effet de cette dernière sur la qualité de la détection.
- Le radar du sol n'apporte aucune information sur la nature des matériaux, leur densité, ou sur le diamètre de la canalisation détectée. De plus, il ne permet pas de détecter les petits objets ou les ouvrages à petits diamètres qui sont installés à des grandes profondeurs (plus de 2 m). De plus, il ne permet pas non plus d'ausculter les objets parfaitement verticaux. Il faut aussi noter que le métal bloque 100 % du signal émis par le géoradar, par conséquent nous ne pouvons rien détecter sous une plaque de métal ou sous une grille d'armatures à espacement resserré [MDS, 2013].
- Contrairement à la prestation de détection électromagnétique, où nous suivons le linéaire du réseau, la détection par le géoradar s'avère plus longue sur le terrain car nous avons l'obligation de croiser perpendiculairement les ouvrages afin d'obtenir des hyperboles illustrant leur position planimétrique et leur profondeur. Néanmoins, il existe une autre différence entre les deux techniques de détection qui donne l'avantage cette fois-ci à la détection par géoradar : le détecteur électromagnétique fournit les profondeurs relatives à la différence entre le sol et le centre du réseau, tandis que le géoradar fournit une profondeur allant jusqu'à la génératrice supérieure du réseau. De ce fait, nous n'avons pas à soustraire le rayon de la canalisation à chaque profondeur annoncée par le géoradar.
- Les profondeurs d'investigation et les précisions des radargrammes, sont obtenues en fonction de la nature du sous-sol et de la fréquence émise. En effet, en présence de terrains argileux, la propagation des ondes électromagnétiques ne dépasse pas 1m de profondeur, toutefois en terrain purement calcaire, les données exploitables sur l'image radar peuvent atteindre théoriquement jusqu'à 6 m de profondeur. Concrètement, le géoradar peut atteindre une profondeur d'investigation variable entre 1 et 3,5 m.

Avec une antenne de fréquence 300 MHz, nous pouvons détecter des réseaux enterrés jusqu'à une profondeur de 3,5 m. Alors qu'avec une antenne de fréquence 800 MHz, nous pouvons établir une détection claire entre 0 et 1m (figure 18).

En planimétrie, la précision en positionnement dépend du savoir-faire de l'opérateur en termes d'utilisation de géoradar, de la méthodologie utilisée lors du levé, et de l'interprétation des hyperboles issues de la détection. De surcroit, nous annonçons une précision de ± 20 % de la profondeur pour un terrain moyen sans calage, et de ± 5 % de la profondeur pour un terrain favorable pour la détection après post-traitement [MDS, 2013].

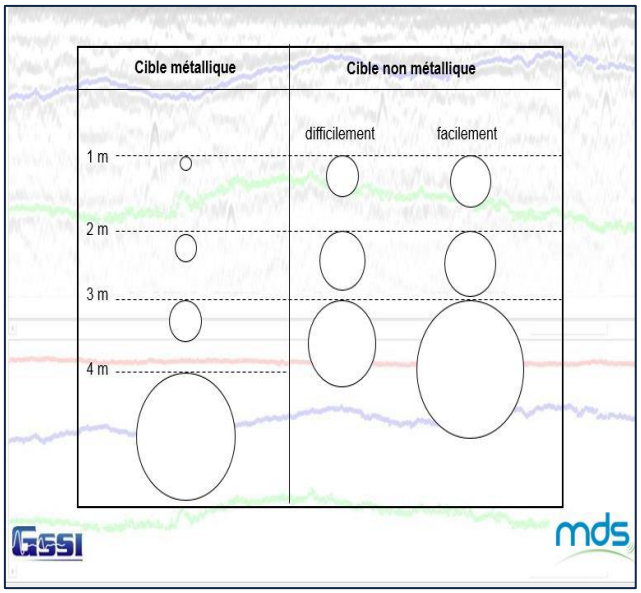



**Figure 18: Taille et géométrie des cibles**
**Exemples de détection en fonction du sous-sol [MDS, 2013]**

### *III.2.2.3 - Procédure de détection par géoradar*

Cette procédure est inspirée des démonstrations terrain de deux géoradars bi-fréquentiels de marques GSSI et IDS:

Tout d'abord, après avoir mis en marche le géoradar sur le terrain, nous le calons en profondeur. Pour ce faire, nous rentrons une valeur de constante diélectrique prédéfinie si nous connaissons parfaitement la nature du sol. Toutefois, comme c'est rarement le cas, nous procédons différemment en forçant le géoradar à calculer cette constante par deux méthodes:

- Méthode indirecte : sur la zone auscultée, nous effectuons un passage rapide avec le radar du sol sur n'importe quel ouvrage échantillon qui nous garantit une détection nette. C'est-à-dire que l'hyperbole, issue de sa détection, doit être claire au niveau de l'affichage de l'image radar. Ensuite, nous faisons correspondre une hyperbole théorique, fournie avec une fonction relative au réglage de la constante diélectrique, à celle effectivement trouvée pour l'ouvrage échantillon. Cette correspondance est effectuée sur le pic et sur la forme de l'hyperbole (figure 19).
  Nous pouvons répéter cette opération sur d'autres ouvrages échantillons présents sur la zone auscultée, afin de calculer une moyenne des constantes diélectriques obtenues et accroitre ainsi la précision de la profondeur.

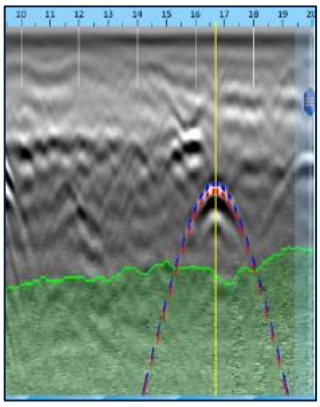


**Figure 19: Réglage de la constate diélectrique [MDS]**

- Méthode directe : si nous disposons d'un accès direct au réseau sur le terrain par l'intermédiaire d'un tampon par exemple, nous mesurons directement la profondeur de l'ouvrage à ce niveau-là. Ensuite, nous faisons un passage avec le géoradar sur l'ouvrage échantillon détecté au voisinage du tampon. En se rendant sur une fonction de réglage de la constante diélectrique, nous changeons la profondeur de l'ouvrage par celle mesurée, ainsi l'appareil calcule la nouvelle constante diélectrique.

Nous réglons également le contraste de l'image radar pour avoir le meilleur affichage possible. Néanmoins, nous n'avons pas l'obligation d'ajuster les filtres de calcul de la profondeur maximale d'investigation car ces derniers sont déjà préréglés par le constructeur pour chacune des antennes présentes dans le géoradar. Au niveau de l'affichage, nous obtenons dès la mise en marche du géoradar une bande verte représentant la profondeur maximale que peut atteindre l'appareil, comme l'illustre la figure 19.

Une fois les différents réglages effectués, nous procédons à la détection de l'ouvrage concerné en le croisant perpendiculairement sur différents passages le long de sa trajectoire. Pour ce faire, il faut porter un œil critique sur l'environnement du terrain. En effet, si l'angle de croisement s'éloigne de 90°, les hyperboles obtenues seront trop aplaties et la constante diélectrique médiocre.
Enfin, nous établissons lors de chaque croisement de l'ouvrage, si nécessaire, des opérations de marquage/piqutage pour identifier les réseaux sur le terrain (photopraphie 6).

**Photographie 6: Marquage au sol par bombe de peinture lors d'un croisement d'un réseau par géoradar**

Il faut être vigilant sur le terrain lors de la détection par géoradar car la moindre erreur ou oubli de calage peut fausser considérablement les données de localisation de l'ouvrage ausculté. Par ailleurs, il faut savoir différencier les hyperboles relatives aux réseaux et celles relatives aux objets parasites comme les cavités ou les blocs rocheux enterrés. Il faut également être plus vigilant en présence d'une infrastructure dense car il existe un risque considérable de confusion entre les réseaux.

Concernant l'enregistrement des données issues de la réflexion des ondes électromagnétiques, il peut s'effectuer par deux modes :

- Un mode simple sans nécessité de post-traitement : prise d'« Imprim. Ecran » lors de chaque passage par géoradar du radargramme qui illustre les hyperboles et les profondeurs obtenues. C'est le mode le plus fréquemment utilisé par les prestations de détection par géoradar.
- Un mode suscitant du post-traitement: enregisrement du radargramme issu de chaque passage. Etant similaire au post-traitement GNSS, ce mode nous permet d'améliorer la qualité des données fournies en termes de précision sur la localisation.

La figure ci-après (figure 20) illustre les étapes à suivre pour l'extraction de données issues d'une détection par géoradar :

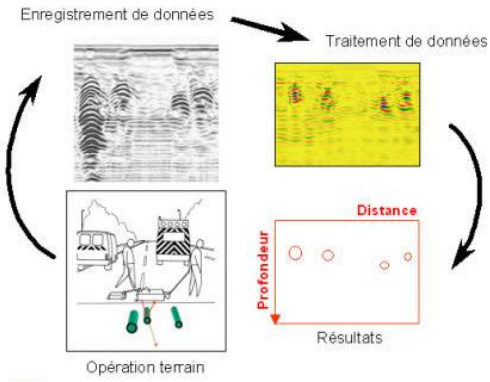



**Figure 20: Etapes de détection par géoradar avec traitement de données [georadar.com/]**

### *III.2.2.4 - Traitement de données*

Après avoir effectué la détection, nous transférons les radargrammes enregistrés vers un poste de travail doté d'un logiciel spécial de traitement de données, comme GRED HD de la société ABEM ou Radan 7 de l'entreprise MDS.

Avant d'ouvrir le fichier radar, nous commençons par vérifier les options d'auto-sauvegarde, d'unités de traitement… Ensuite, nous ajustons le gain d'affichage afin d'obtenir la meilleure visualisation possible en fonction du contrast choisi et des hyperboles appartenant aux différents profils. Par ailleurs, si nous sommes en présence de mesures bruités, nous appliquons un filtrage adéquat permettant d'améliorer la qualité de l'image radar.

Nous avons aussi la possibilité de régler des paramètres de migration, qui permettent de déterminer la constante diélectrique du milieu ausculté et de focaliser les hyperboles de migration en points.
Nous devons également corriger la position de la surface en ramenant le premier pic positif à zero afin d'obetenir des profondeurs correctement calées (figure 21).

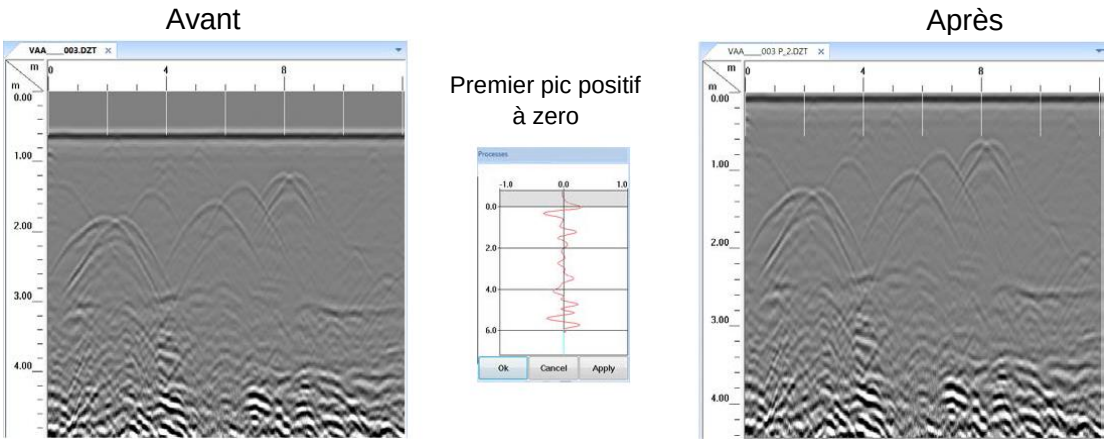



**Figure 21 : Calage de profondeur après traitement de l'image radar [MDS]**

Les données sont traitées selon des profils parallèles et sont affichées soit en 2D ou en 3D (figure 22). Elles peuvent être géoréférencées si nous associons une station GNSS au géoradar. Toutefois, nous ne pourrons pas garantir la classe de présiton A avec ce coulage.
Les tarcés linéaires de réseaux sont aussi transportables sur des logiciels de DAO comme Autocad.

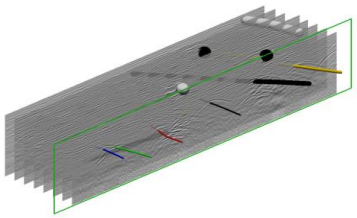


**Figure 22: Vue 3D sur des réseaux enterrés [GRED 3D, ABEM]**

#### *III.2.2.5 - Bilan*

Etant une technique non destructive, le géoradar est un outil qui nous permet de garantir une prestation de détection des réseaux enterrés. Contrairement aux détecteurs électromagnétiques, le radar du sol nous fournit en temps réel des images radar de l'infrastructure auscultée permettant la localisation tridmensionnelle des réseaux souterrains, qu'ils soient conducteurs ou non.
Cette technologie suscite un grand savoir-faire :

- Lors de sa manipulataion sur le terrain, en propcédant aux différents réglages et calages de l'appareil, et en interprétant avec pertinence les images radar.
- Lors du post-traitement qui permet d'améliorer la qualité et la précision du rendu lorsque les données sont bruitées.

La prestation par géoradar peut ne pas aboutir parfois à des résultats satisfaisants, notamment en présence d'un terrain trop conducteur ou d'un ouvrage de petit diamètre et dont la nature de matériau est proche de celle du terrain. De ce fait, nous insistons sur la complémentarité des techniques de détection pour garantir une prestation de qualité. Nous commençons toujours par la détection électromagnétique car c'est la technique la plus sûre et celle qui fournit généralement les meilleurs résultats en termes de précision de localisation des réseaux enterrés.

### III.2.3 - Détection par impulsion acoustique

Contrairement à la détection électromagnétique, la détection par méthode acoustique est une autre technique non-destructive qui sert à détecter généralement les réseaux non métalliques. Elle est actuellement l'une des méthodes les plus pertinentes pour repérer les ouvrages et branchements en plastique.
Cette technique de détection repose sur l'injection de pulsations par le générateur, avant que celles-ci soient captées par un récepteur au niveau du sol. Il existe deux méthodes d'injection du signal:

- Injection de pulsations sur la canalisation : fixée sur l'aplomb de l'ouvrage par une bride, le générateur envoie des vibrations qui sont reçues par un accéléromètre. Cette méthode est fréquemment utilisée pour les conduites d'eau. Elle a l'avantage de ne pas susciter la coupure du service au client.
- Injection de pulsations sur le fluide contenu dans la canalisation: compliquée pour la mise en œuvre, cette méthode suscite souvent la présence d'un représentant du concessionnaire du réseau, ainsi que la coupure du service, assuré par l'ouvrage aux clients, car un accès direct au fluide est nécessaire. Nous pouvons parfois éviter l'interruption du service par un raccordement sur la prise « pression » dans le coffret.

Assurant une détection des réseaux enterrés à $\pm 20$ cm et adaptée généralement aux canalisations non conductrices, cette méthode de détection contient plusieurs inconvénients :

- Non indication de la profondeur de détection : elle s'avère de ce fait inadaptée à la cartographie des réseaux enterrés ;
- Inefficacité de détection en présence d'un terrain végétal ou sous un trottoir en béton (terrain non correctement compacté) ;
- Bruitage du signal en présence d'une circulation dense à proximité, d'un fourreau ou d'autres obstacles au-dessus ou à proximité ;
- Difficulté à localiser les branchements de petite longueur ;
- Risque d'endommagement de certaines canalisations par les pulsations injectées.

De par ces inconvénients, cette méthode est de plus en plus abandonnée et remplacée par des techniques de détection électromagnétique et de géoradar.

Ci-après un exemple de détecteur acoustique (photographie 7):

**Photographie 7 : Appareil HL 5000 H2 de localisation des fuites d'eau par méthode acoustique ou gaz traceur [Seba KMT]**

### Récapitulatif de la partie III :

Actuellement, les techniques les plus performantes dans le domaine de la détection des réseaux enterrés sont la détection électromagnétique et le géoradar. En effet, la première technique est très utile pour la détection des réseaux conducteurs de courant, et peut être complémentée par des sondes intrusives pour pouvoir garantir une détection des ouvrages non conducteurs. Néanmoins, des autorisations d'accès aux réseaux et une éventuelle coupure du service assuré au public par ces derniers rendent cette complémentarité peu utilisée. Pour remédier à cette problématique, l'utilisation du géoradar, qui lui peut détecter tous les types de canalisations, se développe à grande vitesse. Toutefois, cette technologie présente certains inconvénients comme la dépendance de la nature du terrain ausculté. C'est pourquoi des recherches sont en train d'être développées pour appréhender les phénomènes liés à cette technique. La détection acoustique reste peu utilisée car elle ne permet d'obtenir que la position planimétrique des réseaux, sans aucune information sur leur profondeur.

Enfin, une méthodologie universelle de détection n'existe pas à ce jour, c'est la raison pour laquelle, il faut en adapter une différente, au cas par cas, pour chaque type de réseaux et chaque nature de terrain…

# IV. Tests sur différents instruments de détection et de géoréférencement des réseaux enterrés

## VI.1 - Première expérimentation

Un test multifonctionnel a été élaboré lors de ce PFE, afin de juger la précision de différents instruments de géolocalisation des réseaux souterrains et leur capacité à répondre aux exigences de la classe de précision A.

Les appareils qui ont servi à élaborer ce test sont illustrés ci-dessous (photographie 8):

*Détecteur électromagnétique RD8000 PDL*

*Détecteur électromagnétique Rigid SR20*

*Station Totale Leica TPS 1200*

*Couplage du RD8000 avec deux solutions GNSS Trimble GeoXH 6000 (Précision $_{centimétrique}$ + Précision < 10 cm)*

**Photographie 8: Instruments contribuant à l'élaboration de la première expérimentation [fr.radiodetection.com, ridgid.com, leica-geosystems.com, d3e.fr]**

L'expérience s'est déroulée en présence de M. Lecacheur, responsable régional de l'entreprise Radiodetection, de M. Gérard, responsable technico-commercial de l'entreprise D3E, d'un technicien Alpes Topo, et de moi-même.
La collaboration entre les entreprises Radiodetection et D3E, le savoir-faire de leurs deux responsables, et la possibilité de l'association ou de la séparation entre les solutions GNSS et le détecteur électromagnétique lors de ces tests, étaient l'un des motifs pour le choix du matériel qui a servi à élaborer cette expérimentation.

### VI.1.1- Déroulement de l'expérimentation et méthodologie mise en place

#### *VI.1.1.1 - Cadre de l'expérimentation*

Ayant eu lieu dans le jardin d'un agriculteur en Ile-de-France, cette expérimentation a consisté à creuser une tranchée principale (L = 5 m / l = 0,2 m / z =0,6 m), avec au milieu une tranchée secondaire qui vient rejoindre perpendiculairement la première (L = 1,5 m / l = 0,2 m / z =0,6 m) (photographie 9).
Lors de ce test, nous avons disposé de deux câbles conducteurs de courant. Nous avons placé d'abord le premier le long de la tranchée principale, ensuite, nous avons installé le deuxième de manière à ce qu'il fasse un coude de plus ou moins 90°.
La profondeur des deux tranchées et aussi celle de la pose des câbles étaient en moyenne de 60 cm. Une telle valeur reste au-dessus de la profondeur minimale de la pose des ouvrages qui est de 50 cm.

**Photographie 9: Réalisation des deux tranchées déployées pour la première expérimentation**

### *VI.1.1.2 - Objectif de l'expérimentation*

Cette expérimentation vise à comparer les coordonnées tridimensionnelles des deux câbles avant et après la fermeture de la tranchée afin d'apprécier la précision planimétrique et altimétrique, grâce à un calcul d'erreurs moyennes quadratiques et d'écarts apparents, à la fois, des détecteurs électromagnétiques et des couplages RD8000/Solutions GNSS Trimble GeoXH 6000.
La tranchée principale aurait pu suffire pour cette appréciation. Toutefois, le choix d'ajouter une tranchée secondaire et la mise en place du second câble ont pour but d'illustrer l'effet du coude sur la détection des ouvrages souterrains.

### *VI.1.1.3 - Choix de l'expérimentation*

A la base, cette expérimentation devait avoir lieu en milieu urbain, en se basant sur des plans géoréférencés en classe A d'un réseau électrique sur un linéaire de quelques mètres, voire quelques dizaines de mètres. Nous souhaitions nous brancher sur l'ouvrage en raccordement direct pour une détection pertinente. Toutefois, les délais d'attente pour récupérer les plans géoréférencés en classe A de la part de l'exploitant de réseaux, ainsi que les autorisations d'accès accompagnées et tarifées aux ouvrages, nous ont poussé à réfléchir autrement sur une expérimentation plus fiable, plus rapide d'exécution et peu couteuse.
Par ailleurs, le choix de l'endroit de l'expérimentation était fait de manière à être sur un terrain privé qui ne suscite pas d'autorisations pour effectuer une fouille, d'autant plus que nous avons réalisé les deux tranchées à l'aide d'une bêche. Par ailleurs, nous avons eu la confirmation, à travers les plans du jardin, de l'inexistence de réseaux souterrains susceptibles d'être endommagés.

### *VI.1.1.4. - Déroulement de l'expérimentation*

A côté de la tranchée principale, nous avons placé un repère matérialisé par des clous, marqués par un coup de peinture de couleur jaune et espacés de 25 cm. Nous avons ensuite effectué le géoréférencement des câbles à tranchée ouverte le long de ce repère.
Cette opération a été établie à l'aide d'une station totale Leica TPS 1200 (photographie 10), qui nous a permis de garantir la position des câbles à quelques millimètres près, en se basant sur une station et quatre visées de références bien réparties en termes d'angles et de distances.
Par ailleurs, nous avons choisi de géoréférencer les câbles à tranchée ouverte deux fois, et calculer la moyenne de leur position pour garantir un maximum de précision.
Ensuite, nous avons enterré les câbles de manière à ce qu'ils ne soient plus visibles, mais aussi pour pouvoir effectuer la détection dans des conditions réalistes.

**Photographie 10: Géoréférencement des câbles à tranchée ouverte, suivant un repère d'un pas de 25 cm.**

Lors de cette expérimentation, nous avons choisi deux câbles ferraillés, chacun d'une quinzaine de mètres, de manière à ce qu'hormis leur partie enterrée, il en reste un bout apparent sur la surface d'une dizaine de mètres, sur lequel nous avons pu nous brancher en raccordement direct avec le générateur du RD8000.
Nous avons choisi une fréquence d'émission de 8 kHz, avec une intensité de 20 mA.

Après la fermeture des fouilles, nous avons effectué la détection et le géoréférencement des câbles à quatre reprises avec :

- Passage 1 : détecteur RD8000 et station totale Leica TPS 1200 ;
- Passage 2 : détecteur Rigid SR20 et station totale Leica TPS 1200;
- Passage 3 : couplage du RD8000 avec la solution GNSS Trimble GeoXH 6000, dotée d'une précision tridimensionnelle centimétrique -Système D3E- ;
- Passage 4 : couplage du RD8000 avec la solution GNSS Trimble GeoXH 6000, avec kit antenne externe Zephyr ArpentGIS, garantissant une précision tridimensionnelle inférieure à 10 cm -Système D3E- (photographie 11).

**Photographie 11: géolocalisation des câbles enterrés avec le système D3E**

Après avoir géoréférencé la position au sol des deux câbles, suivant les indications des détecteurs électromagnétiques, il a fallu soustraire à l'altimétrie annoncée par la station totale, la mesure de profondeur du câble. Cette dernière a été notée à la main sur un carnet de terrain.
Pour le couplage des deux solutions GNSS Trimble avec le RD8000, les mesures de profondeurs annoncées par le détecteur étaient transmises directement aux annotations relatives aux points géoréférencés. Elles étaient récupérables directement sur le carnet de terrain des solutions GNSS. Cette opération économise le temps du traitement et diminue les sources d'erreurs relatives à la transcription des profondeurs. Enfin, une fois les mesures enregistrées, nous avons enlevé les deux câbles.

### VI.1.2 - Traitement des données

Les solutions GNSS nous ont permis de géoréférencer les quatre points de référence utilisés par la station totale. Cela nous a permis de caler toutes les mesures issues des quatre passages dans un même système local de coordonnées.

#### *VI.1.2.1 - Analyse qualitative relative au câble principal*

A travers la visualisation des différentes polylignes 3D reliant les points relevés à fouille ouverte, et ceux issus des quatre passages à tranchée fermée, nous avons pu établir une base de comparaison qualitative. Pour ce faire, nous nous sommes servis des logiciels de traitement de données Autocad 3D/Covadis afin d'établir le tracé de ces polylignes. Ci-après les vues de haut et de côté relatives aux résultats issus du câble mis dans la tranchée principale (figure 23):

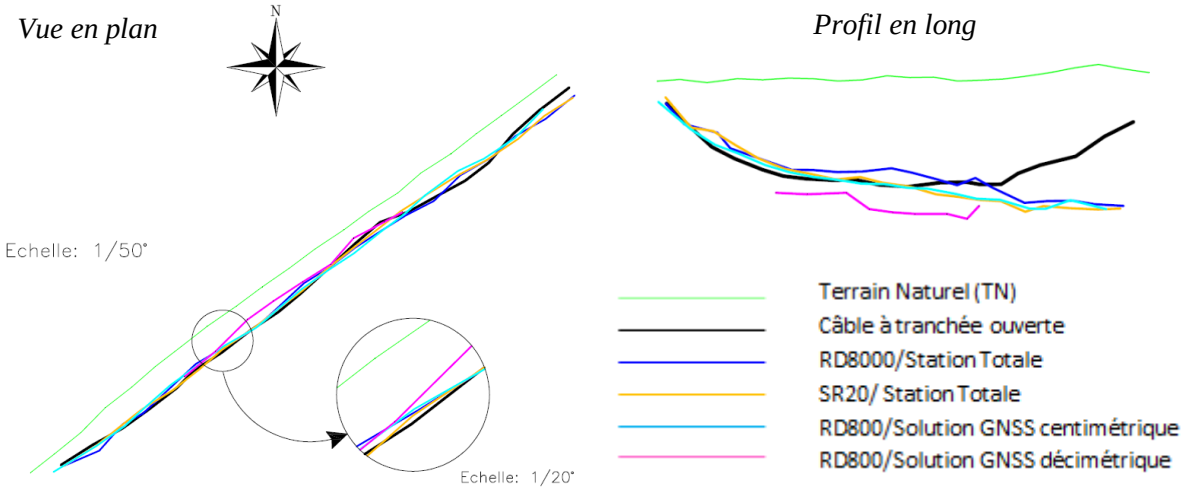



**Figure 23 : Vue de haut et de côté sur les polylignes 3D relatives au tracé du câble principal et du TN**

Nous pouvons déjà établir certaines remarques vis-à-vis de la planimétrie et l'altimétrie des différents tracés :

#### VI.1.2.1.1 - Planimétrie (Vue de haut) :

Nous constatons que les polylignes 3D issues des quatre passages suivent dans l'ensemble le tracé du levé topographique à tranchée ouverte. Toutefois, le tracé du dernier couplage semble s'en éloigner à certains endroits.

#### VI.1.2.1.2 - Altimétrie (Vue de côté) :

- Concernant le dernier couplage, nous avons choisi, par contrainte de temps[28], de ne prendre que des mesures au milieu de la tranchée pour ne pas être affecté par l'effet du coude vertical au niveau des hauteurs à l'entrée et à la sortie de la tranchée principale. La vue de côté nous montre que cette polyligne 3D est largement au-dessous de celle correspondante au levé topographique à tranchée ouverte. Ce qui confirme la présence d'erreurs systématiques atteignant les mesures GNSS et remettant en question la pertinence de cette solution qui garantit une précision inférieure à 10 cm.

  Nous remarquons que, sur le dernier mètre de la tranchée principale dans le sens de la détection illustrée dans la figure 24, les polylignes issues des trois premiers passages affichent une profondeur beaucoup plus importante que celle issue du levé topographique à tranchée ouverte.

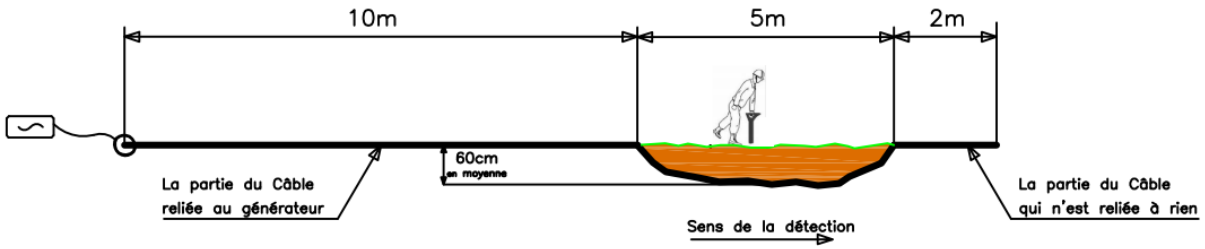



**Figure 24: Vue schématique de côté concernant la mise en place du câble principale**

Ce résultat n'était pas attendu, toutefois nous pouvons l'expliquer par la proximité de la fin du câble qui n'était pas relié un coffret, une boîte de jonction entre câbles, un candélabre… Cela a contribué à la perte du signal en s'approchant de son extrémité. Comme c'est le cas dans la réalité [Radiodetection, 2013]. Ainsi, nous avons opté pour l'exclusion des résultats du dernier mètre lors de la quantification des erreurs, car nous les avons considéré comme des fautes.

- Nous constatons aussi que sur les premiers mètres de la tranchée, c'est-à-dire sur la tranchée non affectée par l'effet de la proximité de la fin du câble, les polylignes 3D issues des trois premiers passages restent généralement au-dessus du tracé relatif au levé topographique à fouille ouverte. En effet, la profondeur détectée est moins importante que la profondeur réelle : par mesure sécuritaire et pour éviter les endommagements des ouvrages souterrains, les constructeurs des détecteurs électromagnétiques font en sorte que leurs appareils annoncent des mesures de profondeur moins importantes que celles effectivement trouvées [Radiodetection, 2013]. Nous obtenons la formule suivante :

$$\boldsymbol{P_{détectée} \approx P_{réelle} - (Précision\% * P_{réelle})} \quad \boldsymbol{(Equ.1)} \quad \text{et non} \quad P_{détectée} \approx P_{réelle} \pm (Précision\% * P_{réelle})$$

[28] La station GNSS Trimble de démonstration offrait la possibilité de travailler avec une précision centimétrique et une seconde inférieure à 10 cm. Pour basculer d'une solution à une autre et être opérationnel, il fallait attendre plusieurs dizaines de minutes, pour que le système puisse enregistrer l'almanach GNSS.

### *VI.1.2.2 - Analyse quantitative relative à au câble principal*

#### VI.1.2.2.1 - Ecarts moyens et emq

Afin de qualifier la précision tridimensionnelle de chacun des quatre échantillons de mesures relatifs aux différents passages, nous calculons l'erreur moyenne quadratique (emq), qui sert à juger la dispersion des observations autour de leur valeur la plus probable (Valeur moyenne).
Dans notre test, nous sommes en présence d'observations directes, indépendantes, et de même précision. Ainsi, l'emq est calculée en fonction des écarts apparents et du nombre d'observations des quatre échantillons, grâce à la formule suivante :

$$\boldsymbol{EMQ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} v_i^2}{n-1}}} \quad \textbf{(Equ. 2)}$$

Avec : $v_i = L - l_i$ *: Ecart-apparent, autrement appelé résidu de chaque observation;*
$l_i$ *: Observation au sein d'une des quatre séries de mesures relatives à chaque passage. Elle correspond dans notre test, à la différence des coordonnées entre la mesure du levé topographique à tranchée ouverte et celle à tranchée fermée ;*
$L$ *: Moyenne arithmétique des observations li dans chaque série d'observations;*
$n$ *: Nombre d'observations au sein d'une série ;*
$n-1$ *: Nombre d'observations excédantes de chaque série.*

Avant de procéder aux différents calculs, nous tenons à apporter les précisions préalables suivantes :

- Concernant les trois premiers échantillons, nous avons choisi un pas de levé topographique de 25 cm sur une tranchée de 5 mètres. Ainsi, nous obtenons une vingtaine d'observations sur lesquelles nous avons procédé aux calculs des écarts moyens $L_1$ et des $emq_1$.
  Toutefois, avant d'établir ces calculs, nous étions persuadés de retrouver des valeurs de L et d'emq assez importantes et non-représentatives car elles ne tiennent pas compte de l'effet de la proximité de la fin du câble.
  Par conséquent, nous avons ainsi recommencé les calculs des $L_2$ et $emq_2$, sans prendre en compte les observations sur le dernier mètre, ce qui a nettement amélioré les résultats.
- Nous aurions pu séparer les calculs planimétriques et altimétriques, car selon le représentant de l'entreprise Radiodetection, la précision planimétrique annoncée par l'appareil est toujours meilleure comparée à son homologue altimétrique. Cependant, nous avons préféré effectuer un calcul tridimensionnel afin d'apprécier la précision générale des appareils de détection et des deux derniers couplages.

Dans le tableau ci-après (tableau 5), l'ensemble des écarts en position entre les coordonnées des tracés des différents couplages et ceux du levé topographique à fouilles ouvertes (li), des moyennes arithmétiques de ces écarts (L), et des emq. Nous prenons en compte au départ l'ensemble des mesures ($L_1$, $emq_1$), et ensuite juste celles qui sont non affectées par la proximité de la fin du câble ($L_2$, $emq_2$) :

| | Distances (m) | « Echantillon 1 » Passage RD8000/Station totale (cm) | | | | « Echantillon 2 » Passage SR20/Station totale (cm) | | | | « Echantillon 3 » Passage RD8000/Station GNSS centimétrique (cm) | | | | « Echantillon 4 » Passage RD8000/Station GNSS décimétrique (cm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $li_x$ | $li_y$ | $li_z$ | $li_{pt}$ | $li_x$ | $li_y$ | $li_z$ | $li_{pt}$ | $li_x$ | $li_y$ | $li_z$ | $li_{pt}$ | $li_x$ | $li_y$ | $li_z$ | $li_{pt}$ |
| Données | 0,25 | -1,1 | 1,5 | -0,1 | 1,9 | -1 | 1,3 | -3,9 | 4,2 | -1 | 1,3 | 1,1 | 1,9 | | | | |
| | 0,50 | -3,7 | 4,8 | -2,4 | 6,5 | -1,2 | 1,5 | -0,3 | 1,9 | -1,3 | 1,8 | -0,6 | 2,3 | | | | |
| | 0,75 | -1 | 1,3 | -8,7 | 8,8 | -1,2 | 1,6 | -9,8 | 10 | -0,2 | 0,3 | 1,4 | 1,4 | | | | |
| | 1,00 | -0,5 | 0,7 | -6,3 | 6,4 | -1,8 | 2,4 | -8,2 | 8,7 | -1,9 | 2,5 | 3,1 | 4,4 | | | | |
| | 1,25 | -1,9 | 2,5 | -0,4 | 3,2 | -0,3 | 0,5 | -6,6 | 6,6 | -2,8 | 3,7 | 2,8 | 5,4 | | | | |
| | 1,50 | -2,1 | 2,7 | -3,9 | 5,2 | 0,9 | -1,2 | -4,3 | 4,6 | -1,1 | 1,5 | 2,4 | 3 | -0,9 | 1,2 | 10 | 10 |
| | 1,75 | -1,3 | 1,7 | -5,4 | 5,8 | -1 | 1,3 | -3 | 3,4 | -1,8 | 2,4 | 1,2 | 3,2 | -2,7 | 3,6 | -9,6 | 11 |
| | 2,00 | 0,2 | -0,2 | -5 | 5 | -0,1 | 0,1 | -0,4 | 0,4 | 0,3 | -0,5 | 0,3 | 0,6 | -4,8 | 6,3 | 7,7 | 11 |
| | 2,25 | -1,7 | 2,3 | -5,1 | 5,8 | -1,1 | 1,6 | -1,8 | 2,7 | -1,1 | 1,5 | -2,3 | 3 | -5,2 | 7,1 | 18 | 20 |
| | 2,50 | -2,6 | 3,3 | -10 | 11 | -0,5 | 0,7 | -1,4 | 1,6 | -1,1 | 1,4 | 0,4 | 1,8 | -3,6 | 4,6 | -17 | 18 |
| | 2,75 | -0,1 | 0,1 | -8,6 | 8,6 | -0,2 | 0,2 | 0 | 0,3 | 0,7 | -1 | -0,7 | 1,4 | -0,9 | 1,2 | -17 | 17 |
| | 3,00 | 1,6 | -2,1 | -2,3 | 3,5 | 1,1 | -1,4 | 7,1 | 7,3 | 3,1 | -4,1 | -3,8 | 6,4 | -2,2 | 2,9 | -19 | 20 |
| | 3,25 | 3,5 | -4,6 | 1,8 | 6 | 1,8 | -2,4 | 9 | 9,5 | 3,6 | -4,8 | -7,2 | 9,4 | 0,6 | -0,8 | -23 | 23 |
| | 3,50 | 1 | -1,3 | -4 | 4,3 | -2,2 | 3 | 9,6 | 10 | -0,8 | 1,1 | -9,6 | 9,7 | 0,7 | -1 | -13 | 13 |
| | 3,75 | 0,5 | -0,6 | 2,2 | 2,3 | -3,1 | 4,1 | 10 | 12 | -3,6 | 4,8 | -9,5 | 11 | | | | |
| Données inexploitées | 4,00 | -3 | 3,9 | 18 | 19 | -3,4 | 4,5 | 24 | 24 | -5,1 | 6,7 | -22 | 23 | | | | |
| | 4,25 | -0,5 | 0,7 | 22 | 22 | -0,6 | 0,8 | 25 | 25 | -1,8 | 2,4 | -27 | 27 | | | | |
| | 4,50 | 1,5 | -2 | 27 | 27 | 3,3 | -4,3 | 32 | 32 | 1,9 | -2,5 | -27 | 27 | | | | |
| | 4,75 | 4,8 | -6,4 | 42 | 42 | 3,5 | -4,6 | 45 | 45 | 0,7 | -0,9 | -45 | 45 | | | | |
| | 5,00 | 4,4 | -5,8 | 52 | 52 | 4,8 | -6,3 | 53 | 54 | | | | | | | | |
| Résultats | $L_1$ | | | | 12,4 | | | | 13,2 | | | | 9,9 | | | | |
| | $emq_1$ | | | | 13,8 | | | | 15,2 | | | | 12,0 | | | | |
| | $L_2$ | | | | **5,6** | | | | **5,5** | | | | **4,3** | | | | **15,8** |
| | $emq_2$ | | | | **2,5** | | | | **3,8** | | | | **3,4** | | | | **4,6** |

**Tableau 5: Récapitulatif des écarts et des emq de la première expérimentation**

### *VI.1.2.2.1.1 - Analyses sur les trois premiers échantillons*

En excluant les mesures effectuées sur le dernier mètre, nous remarquons que le premier échantillon nous annonce la meilleure valeur d'emq (la meilleure dispersion des écarts $li_{pt)}$ autour de leur moyenne arithmétique $L_2$.

Autant dire que ce résultat était déjà prévisible car d'un côté le détecteur électromagnétique RD8000 est plus performant que le SR20, en termes de précisons de détections annoncées par le constructeur et de qualité du signal. D'un autre côté, les résultats d'une association RD8000/Station totale doivent théoriquement être plus précis que ceux issues d'un couplage RD8000/ Solutions GNSS centimétrique.

Cependant, nous constatons que les moyennes arithmétiques des écarts $L_2$ sont relativement élevées, ce qui nous a amené à chercher le maximum des écarts :
Pour le premier échantillon, l'écart maximum, qui est de 10,9cm, est situé au milieu de la série de mesures. Or, concernant les deux échantillons suivants, les écarts maximums sont respectivement de 10,4 cm et 9,5 cm, et ils sont situés à la fin des séries de mesures. En plus, les trois écarts qui précèdent ces maximums sont aussi importants. Cela nous amène à poser l'hypothèse que l'effet de l'approche de la proximité du câble n'affecte pas seulement le dernier mètre, mais plutôt les deux derniers mètres sur les échantillons 2, et 3.

Nous calculons à nouveau les moyennes arithmétiques $L_3$ et les $emq_3$ en se basant sur les onze premiers écarts, que nous résumons dans le tableau qui suit (tableau 6):

| | *« Echantillon 2 » Couplage SR20/Station totale* | *« Echantillon 3 » Couplage RD8000/Station GNSS centimétrique* |
|---|---|---|
| $L_3$ *(cm)* | ***4,0*** | ***2,6*** |
| $emq_3$ *(cm)* | ***3,2*** | ***1,4*** |

**Tableau 6: Ecarts moyens et emq des échantillons 2 et 3, en tenant compte du véritable effet de la proximité de la fin du câble**

Après ces ajustements, nous pouvons constater à présent que le couplage RD8000/Station GNSS centimétrique offre les meilleurs résultats en termes de moyenne arithmétique et d'emq sur les écarts $li_{pt}$.
Cela semble incohérent, car combinée avec le détecteur RD8000, la solution GNSS centimétrique offre des meilleurs résultats que la station totale. Cette anomalie est susceptible de venir d'erreurs systématiques commises lors du premier passage et qui sont relatives à une concentration sur les flèches plutôt que sur le maximum du signal lors de la prise des mesures avec le détecteur électromagnétique.

A présent, nous allons garder les résultats issus des onze premières mesures des échantillons 2 et 3, pour le calcul de la précision de détection des deux détecteurs électromagnétiques Rigid SR20 et RD8000.
Nous disposons des profondeurs moyennes {50,37 cm ; 49,13 cm} et des moyennes sur les écarts de L3= {4,03 cm ; 2,58 cm}, respectivement pour le détecteur électromagnétique Rigid SR20, et le détecteur électromagnétique RD8000. Grâce à l'équation 1 (Equ. 1), nous obtenons une précision de détection de 8,00% pour le SR20, et de 5,25% pour le RD8000.
Avec une telle précision proche des 5% annoncée par le constructeur et une emq de 1,4 cm, le RD8000 montre sa performance et sa pertinence par rapport à la détection des réseaux enterrés.

#### *VI.1.2.2.1.2 - Analyses sur le dernier échantillon*

Nous remarquons que les écarts constatés sur le quatrième échantillon sont importants, avec un écart moyen de 15,8 cm, un écart maximum de 23 cm et un écart minimum de 10 cm. Toutefois, même si l'emq est plus importante par rapport aux quatre échantillons, elle reste relativement petite par rapport à l'écart moyen. Nous déduisons ainsi qu'il existe un systématisme issu du géoréférencement par la solution GNSS garantissant une précision inférieure à 10 cm. Ce systématisme est surtout répercuté sur la mesure altimétrique puisque les écarts $li_z$ sont beaucoup plus importants que les $li_x$ et $li_y$.

### VI.1.2.2.2 - Respect de la classe de précision A

#### *VI.1.2.2.2.1 - Conditions de l'article 5 de l'arrêté du 16 septembre 2003*

L'article 5 de l'arrêté du 16 septembre 2003, portant sur les classes de précision applicables aux catégories de travaux topographiques, fixe trois conditions « a, b, et c » qui doivent être remplies pour qu'un échantillon de N objets soit d'une classe de précision [xx] :

a) L'écart moyen en position L doit être inférieur au seuil L'.
Avec $\boldsymbol{L' = [xx] * \left(1 + \frac{1}{2\,x\,C^2}\right)}$ ***(Equ. 3),*** et C : le coefficient de sécurité des mesures de contrôle ;

b) Le nombre N' d'écarts dépassants le premier seuil $T_1$ n'excède pas l'entier immédiatement supérieur à : $0{,}01 * N + 0{,}232 * \sqrt{N}$,
Avec $\boldsymbol{T_1 = k * [xx] * \left(1 + \frac{1}{2\,x\,C^2}\right)}$ ***(Equ. 4)*** et k prenant des valeurs fixées au préalable par l'arrêté, en fonction du nombre n de coordonnées (1, 2, ou 3) et suivant la même loi statistique ;

c) Aucun écart en position $li_{pt}$ ne doit excéder le second seuil $T_2$,

Avec $\boldsymbol{T_2 = 1,5 * k * [xx] * \left(1 + \frac{1}{2\,x\,c^2}\right)}$ ***(Equ. 5).***

*VI.1.2.2.2.2 - Respect de la première expérimentation de la classe de précision A*

Nous allons à présent pouvoir juger si nos calculs d'écarts et d'emq, relatifs à la détection et au géoréférencement issus des différents échantillons, nous permettent de garantir la classe de précision A.
Pour la suite des calculs, nous prenons en compte les valeurs suivantes :

- N=15, $L_2$=5,6 cm, et $emq_2$ = 2,5 cm pour le premier échantillon ;
- N=15, $L_3$= {4,0 cm ; 2,6 cm}, et $emq_3$ = {3,2 cm ; 1,4 cm} pour les échantillons 2 et 3 ;
- N=9, $L_2$=15,8 cm, et $emq_2$ = 4,6 cm pour le quatrième échantillon.

Avec N : le nombre de mesures non affectées par l'effet de la proximité de la fin du câble.

Vérification de la condition c) :

Nous sommes en présence ici d'un test élaboré sur un câble électrique appartenant à la catégorie des réseaux souples et requérant un seuil de Tolérance « $T_2$ = 50 cm » pour garantir la classe de précision A.

⇀ Nous remarquons que les N écarts $li_{pt}$ remplissent cette condition pour nos quatre échantillons. Par ailleurs, nous trouvons [xx] = 14,0 cm, grâce à l'équation 5 (Equ. 5) et en prenant en compte les valeurs suivantes : C=2.0 et K=2,11.

Vérification de la condition b) :

Grâce à l'équation 4 (Equ. 4), nous trouvons $T_1$ = 33,3 cm.
Avec : Pour le premier échantillon N=15 ⇒ N'=2 ;
Pour les trois autres échantillons : N=11 ou N=9 ⇒ N'=1.

⇀ Nous constatons qu'aucun écart $li_{pt}$ ne dépasse le premier seuil $T_1$, sur les quatre échantillons. Ainsi nous remplissons aussi cette condition.

Vérification de la condition a) :

Grâce à l'équation 3 (Equ. 3), nous trouvons L' = 15,8 cm.

⇀ Nous remarquons que la valeur $L_2$= 5,6 cm du premier échantillon et les valeurs $L_3$= {4,0 cm; 2,6 cm} des deux échantillons 2 et 3 sont largement inférieur au seuil L' fixé par cette condition. Or, la valeur $L_3$= 15,8 cm (15,76 cm) est à la limite du seuil de cette condition.
Finalement, nous remplissons aussi cette condition pour nos quatre échantillons.

### *VI.1.2.1 - Analyse de l'effet du coude sur le câble secondaire*

Lors de cette expérimentation, nous avons placé un câble secondaire de manière à avoir un coude à 90°, et de se rendre compte de l'impact de ce dernier sur la détection des réseaux enterrés. Par manque de temps sur le terrain, nous avons effectué le test juste avec l'échantillon n°3 du détecteur électromagnétique RD8000 avec la solution GNSS Trimble centimétrique.

La détection n'était pas aussi aisée que sur le câble principal du fait de la présence du coude. En effet, le signal reçu n'était pas très stable [Radiodetection, 2013].

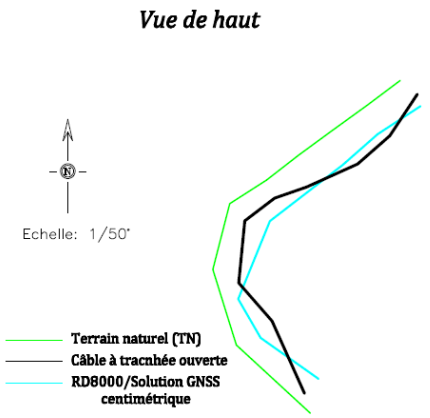



**Figure 25: Polylignes 2D, illustrant le TN et les tracés relatifs au câble secondaire à fouille ouverte et fermée**

Nous choisissons d'analyser seulement la planimétrie pour illustrer l'effet du coude horizontal. Nous remarquons ainsi d'après la figure 25, que les deux tracés relatifs au câble secondaire se chevauchent avec certains espacements entre les deux que nous quantifierons ainsi :

| | *« Echantillon 3 » Couplage RD800/Solution GNSS centimétrique* | | |
|---|---|---|---|
| | *li x (cm)* | *li y (cm)* | *li xy (cm)* |
| | *-5,8* | *-5,0* | *7,6* |
| | *8,3* | *6,8* | *10,7* |
| | *5,6* | *2,8* | *6,2* |
| ***Ecarts*** | *-11,0* | *4,9* | *12,1* |
| | *-3,6* | *4,0* | *5,4* |
| | *3,2* | *-3,6* | *4,8* |
| | *1,7* | *-1,7* | *2,4* |
| *L* ***(cm)*** | | | ***7,8*** |
| *emq* ***(cm)*** | | | ***3,5*** |

**Tableau 7: Ecarts et emq relatifs au câble secondaire**

D'après le tableau à côté (tableau 7), nous remarquons sur les écarts $li_{xy}$, nous disposons d'une valeur maximum de 12,1 cm, d'une valeur moyenne de 7,8 cm, et d'une emq de 3,5 cm.
A présent, nous allons voir si nous satisfaisons les trois conditions de l'article 5 de l'arrêté du 16 septembre 2003, avec ces valeurs :
-Vérification de la condition c) : l'ensemble des écarts $li_{xy}$ sont inférieurs à $T_2 = 50$ cm.
Nous obtenons cette fois-ci : [xx]=12,24 cm, car k=2,42 du fait de la considération seulement des deux coordonnées planimétriques dans les calculs.

- Vérification de la condition b) : aucun écart $li_{xy}$ n'est supérieur à $T_1$ qui est égale à 33,3 cm.

- Vérification de la condition a) : L= 7,8 cm < L' = 13,7 cm. (k= 2,42 cm et [xx]=12,24 cm).

Ainsi, nous remplissons les trois conditions imposées par l'article 5 de l'arrêté du 16 septembre 2003, et nous satisfaisons les exigences de la classe de précision A, sur la détection et le géoréférencement de notre câble secondaire.

### VI.1.3- Bilan du test

Avec le détecteur électromagnétique Rigid SR20, nous obtenons une précision effective de détection de 8%. Même si cette valeur semble importante vue les conditions strictes du test, cela n'empêche pas que nous arrivons à satisfaire la classe de précision A avec cet appareil.

Quant au détecteur électromagnétique RD8000 PDL, il nous assure une précision effective de détection de 5,25%, qui est beaucoup mieux que celle du SR20, et qui n'est pas loin des 5% de précision théorique annoncée par le constructeur. En plus, selon les résultats de test, associé avec une station totale ou une solution GNSS centimétrique, cet appareil nous permet de satisfaire la classe de précision A,

Même si le couplage du RD8000 avec la solution GNSS Trimble GeoXH 6000 centimétrique a fait ses preuves quant à l'efficacité sur le terrain et la précision des résultats; la combinaison entre le détecteur et la solution GNSS GeoXH 6000 décimétrique a montré ses limites. Cette dernière combinaison nous a annoncé une position altimétrique de l'ouvrage détecté beaucoup plus profonde que la vraie position levée à tranchée ouverte. Or, un tel résultat pourra conduire directement à un endommagement de l'ouvrage lors des travaux de forage. Comme cité auparavant dans la partie [VI.1.2.1.2 - Altimétrie], dans le monde de la détection et tout en restant dans les précisions annoncées par les détecteurs, il vaut mieux annoncer une position de l'ouvrage moins importante que plus importante.
Cependant, nous remarquons que ce couplage répond aussi parfaitement que les trois autres aux exigences de la classe de précision A.

Finalement, la présence d'un coude dans l'installation d'un ouvrage enterré ne nuit pas forcément à sa bonne détection. Or, les écarts en position, la moyenne des écarts et les emq seront plus grands que ceux relatifs à la détection et au géoréférencement d'un ouvrage quasiment rectiligne.

*[Radiodetection, 2013] Entretien avec Thierry Lecacheur lors de l'expérimentation portant sur l'appréciation de la qualité du matériel de géoréférencement et de détections des réseaux souterrains, Le Mesnil-Aubry. 2013.*

## VI.2 - Deuxième expérimentation

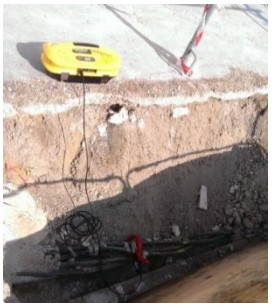
### VI.2.1- Déroulement de l'expérimentation et méthodologie mise en place

#### *VI.2.1.1 - Cadre de l'expérimentation*

Cette expérimentation s'est déroulée sur le site de construction du groupement des états et des services centraux du Ministère de la Défense au quartier de Balard, situé dans le quinzième arrondissement de Paris. Elle a eu lieu en présence de M. Delafontaine, représentant de l'entreprise SEBA KMT mené d'un détecteur électromagnétique vLoc5000, d'un technicien Alpes Topo, et de moi-même. Ce même technicien avait effectué au préalable le levé topographique à fouille ouverte d'une trentaine de mètres d'un câble HTA attaché à d'autres câbles, protégé souvent par un tube orange en plastique, et couvert par un grillage avertisseur placé au-dessus. L'idée de notre expérimentation était de revenir une fois la fouille fermée et de détecter et géoréférencer le câble enterré. Cela afin de procéder à des analyses qualitatives et quantitatives similaires à celles établies pour la première expérimentation.

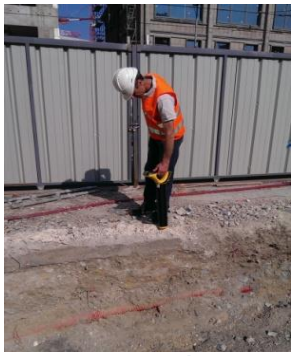
#### *VI.2.1.2 - Réglage de la fréquence de l'émission*

Nous avons trouvé sur le site une partie du câble mise à nu qui nous a servi pour le branchement du générateur à l'aide d'une pince de serrage. Nous avons d'abord choisi une fréquence de 8,89 kHz et une intensité de 500 mA pour l'émission du courant. Or, au début des tests de détection, nous avons constaté sur l'écran du vLoc5000 que la boussole représentant la distorsion du champ électromagnétique était rouge et à moitié pleine. Cela indique la présence d'une distorsion, ce qui peut affecter considérablement la mesure de profondeurs. En effet, comme l'illustre la photographie 12, il existe plusieurs câbles qui sont attachés les uns aux autres et reliés à une terre identique. La pince induit un signal sur le câble que nous souhaitons détecter, cependant par l'effet du rebouclage des terres, le signal Aller/Retour se propage sur les autres câbles [Seba KMT, 2013].



**Photographie 12: Raccordement direct sur le câble HTA**

Pour améliorer la qualité de la détection surtout en altimétrie, nous avons choisi de diminuer la fréquence de l'émission en 989 Hz, et ensuite en 491 Hz.
Il existait certains endroits où nous pouvions avoir un accès direct au câble HTA mis à nu (photographie 13), ou à un tube orange le renfermant, ainsi nous avons pu confronter sa profondeur détectée avec la profondeur réelle : au même endroit, nous avons détecté l'ouvrage à trois reprises tout en passant par les fréquences d'émission du générateur suivantes : 8,89 kHz, 989 Hz, et 491 Hz.
Les valeurs de profondeurs affichées par le détecteur étaient respectivement de 62 cm, 67 cm, et 68 cm, alors que la profondeur mesurée était de 77 cm, jusqu'au milieu du tube orange renfermant le câble HTA. Par conséquent, nous avons choisi de travailler avec la fréquence la plus basse des trois et qui était de 491 Hz pour la suite de l'expérimentation. En effet, ce choix est plutôt logique, car plus la fréquence est basse, plus le signal est pur. Or, même avec ce choix judicieux nous restions toujours confrontés au phénomène de la distorsion du champ électromagnétique, du fait que la boussole du vLoc 5000 était toujours remplie en rouge lors de la détection.



**Photographie 13: Réglage de la fréquence d'émission du générateur par des tests de mesures de profondeurs**

#### *VI.2.1.3 - Couplage vLoc5000 et station totale Leica Viva TS15*

Après avoir réglé la question de la fréquence d'émission du générateur, nous nous sommes penchés sur la problématique de l'envoi de la trame de détection du vLoc5000 à notre station totale Leica Viva TS15. Cette dernière est de meilleure précision tridimensionnelle en angle et en distance que l'appareil Leica TPS 1200, utilisé pour la première expérimentation. En effet, la procédure élaborée par Leica concernant la connexion GNSS et Station Totale/Détecteur de câbles et de canalisations « Vivax vLocPro » requiert un appareil d'une gamme Viva tel que station totale Leica Viva TS15, disponible à Alpes Topo IDF.
Par ailleurs, Alpes Topo était parmi les premiers prestataires de services qui ont essayé ce couplage automatique, puisque cette procédure a été élaborée peu de temps avant le test. Nous avons par la suite établi un retour au concessionnaire Leica, par rapport à cette procédure, pour pouvoir lui apporter quelques modifications que nous avons pu découvrir lors de ce couplage.

#### *VI.2.1.4 - Déroulement de l'enregistrement des données*

Deux personnes se sont aidées pour effectuer l'opération de détection et de géoréférencement du câble HTA (photographie 14). Une fois que la première personne avait détecté le câble, elle enregistrait la trame du point détecté qui est envoyée directement sur le carnet de la station Totale. L'opérateur topographe se mettait sur la même position que celle du détecteur électromagnétique et enregistrait le point topo, et ainsi nous avons pu obtenir les coordonnées tridimensionnelles du point ainsi que les annotations relatives à sa détection.

**Photographie 14: Détection et géoréférencement du câble HTA**

### VI.2.2 - Traitement des données et analyse qualitative

La trame informatique, envoyée de la part du détecteur électromagnétique à la station totale, contient les données relatives à la détection. Ces informations sont l'ID du point détecté, la fréquence d'émission (Hz), la profondeur de l'ouvrage détecté (m), l'intensité du courant reçu (mA), et une valeur binaire indiquant le sens du courant (0,1). Ces informations sont par la suite associées comme annotation au point géoréférencé.

Une fois au bureau, nous récupérons un fichier texte contenant les coordonnées des points au sol de l'ouvrage, ainsi que des informations relatives à la trame de détection [29]. Il fallait soustraire la profondeur annoncée de la coordonnée altimétrique afin de récupérer l'altimétrie réelle de l'ouvrage.
Nous nous sommes servis une fois encore des logiciels de traitement des données et DAO, Autocad 3D/Covadis, afin d'établir les deux polylignes 3D relatives au levé topographique à tranchée ouverte et fermée (figure 26):

[29] Annexe 11 : Trame sortie du carnet de de la station totale Viva TS15 suite à la détection et au géoréférencement d'un ouvrage

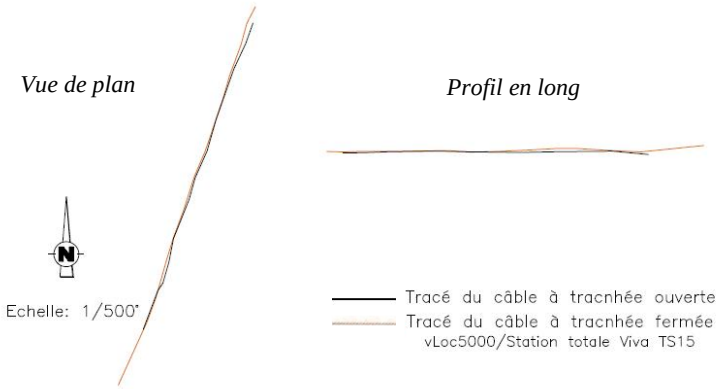



**Figure 26: Vue de plan et profil en plan sur les polylignes 3D relatives au tracé du câble principal HTA**

D'un point de vue qualitatif, nous remarquons que l'écart entre les tracés du câble HTA à fouille ouverte et fermée est petit. Toutefois, les vues de haut et de côté sont illustrées à une grande échelle du fait de la longueur importante du tracé. Le véritable juge pour quantifier ces écarts sera une analyse quantitative pertinente.

### VI.2.3 - Analyse quantitative

#### *VI.2.3.1 - Précision effective*

Comme pour le réglage de la fréquence d'émission du générateur du vLoc5000, lors de cette expérimentation, nous avons profité de la présence de certains endroits où nous avons pu avoir un accès à l'ouvrage pour prendre des mesures des profondeurs réelles de ce dernier (photographie 15). A ces mêmes endroits nous nous sommes placés avec notre détecteur électromagnétique pour obtenir la profondeur détectée et ainsi vérifier la donnée constructeur concernant la précision de détection à 5%.

**Photographie 15: Mesure de la profondeur réelle du tube contenant le câble HTA**

Comme l'illustre la figure 27, en cinq endroits différents, nous avons trouvé un écart moyen de 10,4 cm entre la profondeur détectée et mesurée, ainsi qu'une profondeur réelle moyenne de 81,2 cm. Par ailleurs, nous avons calculé la précision de la détection, en se référant à l'équation 1 (Equ. 1), qui est égale à 12,8%. Cette valeur est beaucoup plus importante que celle annoncée par le constructeur, et qui est de 5%.

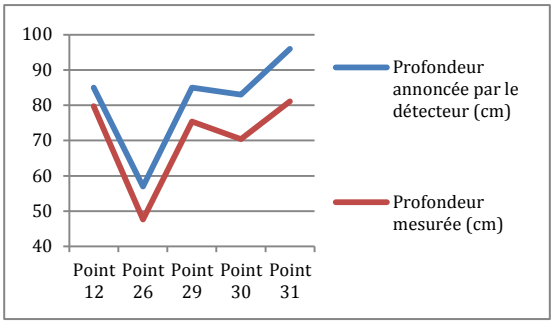



**Figure 27: Données contribuant au calcul de la précision effective du vLoc5000, lors de la deuxième expérimentation**

Deux explications sont retenues pour ce résultat incohérent:

La première concerne la distorsion du champ électromagnétique que nous avons tout de suite constaté lors du choix de la fréquence d'émission, et le second se manifeste dans la mesure de la profondeur réelle prise à partir du centre du fourreau orange qui est d'une vingtaine de centimètres de diamètre [Seba KMT, 2013]. Ce qui veut dire que nous disposons de quelques centimètres d'imprécision sur la mesure de la profondeur réelle de notre câble HTA.

### *VI.2.3.2 - Ecarts moyens et emq*

Comme pour la première expérimentation, nous calculons les écarts en position et la moyenne des écarts de notre échantillon. Or, l'erreur moyenne quadratique (emq) sera obtenue grâce à l'équation 2 (Equ. 2).

Le levé topographique à fouille ouverte du câble HTA a été établi sur une distance de 25m, avec un pas de mesure 1,5m. Nous avons respecté ce même pas lors du géoréférencement du câble à fouille fermée. Ci-après le tableau récapitulatif des écarts et de l'emq relatif à cette deuxième expérimentation (tableau 8):

***Association vLoc5000/Station Totale TS15***

| | *D (m)* | *li x (cm)* | *li y (cm)* | *li z (cm)* | *li pt (cm)* |
|---|---|---|---|---|---|
| | *1,5* | *-32* | *11,2* | *4,6* | *34,2* |
| | *3* | *-18,8* | *6,6* | *0,4* | *19,9* |
| | *4,5* | *-12,9* | *4,5* | *-3,5* | *14,1* |
| | *6* | *-5,9* | *2,1* | *-1,6* | *6,5* |
| | *7,5* | *-1,6* | *0,6* | *-1,3* | *2,2* |
| | *9* | *-3,7* | *1,3* | *1,1* | *4,1* |
| | *10,5* | *-11,7* | *4,1* | *4,5* | *13,2* |
| | *12* | *-10,4* | *3,6* | *-3,2* | *11,5* |
| ***Données*** | *13,5* | *-9,9* | *3,4* | *2,0* | *10,7* |
| | *15* | *-14,6* | *5,1* | *11,2* | *19,1* |
| | *16,5* | *-7,2* | *2,5* | *15,8* | *17,6* |
| | *18* | *-4,5* | *1,6* | *20,7* | *21,2* |
| | *19,5* | *-15,4* | *5,4* | *19,6* | *25,5* |
| | *21* | *-21,2* | *7,5* | *12,5* | *25,7* |
| | *22,5* | *-2,2* | *0,8* | *0,3* | *2,4* |
| | *24* | *6,3* | *-2,2* | *4,1* | *7,8* |
| | *25,5* | *5,5* | *-1,9* | *14,2* | *15,4* |
| ***L (cm)*** | | ***-9,4*** | ***3,3*** | ***6,0*** | ***14,8*** |
| ***emq (cm)*** | | | | | ***8,4*** |

**Tableau 8: Récapitulatif des écarts et de l'emq de la deuxième expérimentation**

Contrairement à l'expérience précédente, nous constatons que les plus grands écarts ne sont pas seulement liés à la position altimétrique des points. En effet, ils sont bien répartis avec les mêmes ordres de grandeurs sur les trois axes. Toutefois, les axes X et Z connaissent les plus grands écarts avec respectivement des maximums de -32,0 cm et 20,7 cm, ainsi que des moyennes des écarts Lx= -9,4 cm et Lz= 6,0 cm contre Ly=3,3 cm.

Les écarts en position $li_{pt}$ affichent aussi des valeurs très importantes avec un maximum de 34,2 cm et un minimum de 4 cm. Par ailleurs, la moyenne des écarts (L) et l'erreur moyenne quadratique (emq) sont aussi très importantes par rapport aux résultats issus de la première expérimentation. Cela ne remet en aucun cas la pertinence de détection du détecteur électromagnétique vLoc5000, par rapport à ses homologues Rigid SR20, et RD8000. En effet une autre hypothèse est retenue, en plus de la distorsion des champs électromagnétiques, et qui se manifeste dans les conditions de l'expérimentation: Lors du premier test, nous étions en présence d'un test laboratoire avec un grand soin lors de la mise en place du câble ferraillé, mais surtout lors de son enterrement afin qu'il ne change pas de position. Cependant, cette deuxième

expérimentation nous met dans des vraies conditions de terrain, avec un câble HTA laissé à nu pendant plus d'une semaine, avant qu'il soit enterré par des engins mécaniques.
Nous pouvons imaginer que dans ce cas, il changera forcément de position d'une manière plus significative que lors de la première expérimentation.

#### *VI.2.3.2 - Respect de la classe de précision A*

Comme pour la première expérimentation, nous pourrons constater si les différentes valeurs $li_{pt}$, L, et emq, arrivent à satisfaire les trois conditions de l'article 5 de l'arrêté du 16 septembre 2003 :

Vérification de la condition c) :

Nous remarquons que les N valeurs de $li_{pt}$ sont inférieures à T2= 50 cm. Avec N= 19, pour l'échantillon de mesures considérées lors de cette expérimentation.

→ Ainsi nous respectons cette condition.

Vérification de la condition b) :

Grâce à l'équation 4 *(Equ. 4)*, nous trouvons toujours $T_1$ = 33,3 cm. Avec aussi [xx] = 14,0 cm issue de l'équation 5 *(Equ. 5)*.
Par ailleurs, comme N= 19, nous obtenons une valeur de N'= 2.

→ Nous constatons qu'un seul écart en position ($li_{pt}$= 34,2 cm) dépasse le seuil $T_1$ sur tout l'échantillon de mesures. Ainsi nous respectons aussi cette condition.

Vérification de la condition a) :

Nous obtenons toujours L' = 15,8 cm, grâce à l'équation 3 *(Equ. 3)*.

→ Nous remarquons que L= 14,8 cm est inférieure à L'=15,8 cm.
Ainsi nous remplissons aussi cette troisième et dernière condition.

### VI.2.4 - Bilan du test

Ayant eu lieu au sein du site de construction du Ministère de la Défense, cette expérience a été enrichissante du fait de la présence de véritables conditions de terrain, avec une détection et un géoréférencement d'un câble HTA engendrant une distorsion du champ électromagnétique. Ces conditions ont contribué à obtenir des valeurs importantes d'écarts et d'emq par rapport à la première expérimentation. Toutefois, cette deuxième expérimentation a réussi à remplir les trois conditions exigées par l'article 5 de l'arrêté du 16 septembre 2003, portant sur les classes de précision applicables aux catégories de travaux topographiques. Ainsi, les résultats de détection et de géoréférencement issus de cette deuxième expérience répondent aux exigences de la classe de précision A.

*[Seba KMT, 2013] Entretien avec Stéphan Delafontaine lors de l'expérimentation portant sur l'appréciation de la qualité du vLoc5000, Paris. 2013.*

## VI.3 - Troisième expérience

### VI.3.1- Démonstration du géoradar

Lors d'une semaine de visite au siège de l'entreprise Alpes Topo à la Ciotat, nous avons pu organiser une rencontre avec l'entreprise MDS (photographie 16), ainsi qu'une démonstration sur le terrain de son géoradar UtliityScan DF. Nous avons pu manipuler ce radar du sol et détecter une grande partie des réseaux d'électricité, d'eau potable, et d'assainissement, existants sur une partie de la côte située devant le siège de la société. Toutefois, nous nous sommes rendus compte tout de suite de la complexité de la détection, surtout que nous ne disposions pas de réseaux spécifiques à détecter et sans plans indiquant la position approximative du passage des ouvrages.
Suite à cette démonstration très satisfaisante, un rendez-vous cette semaine même a été organisé pour élaborer une expérimentation sur le géoradar.

**Photographie 16: Démonstration du géoradar UtilityScan DF**

### VI.3.2 - Déroulement de l'expérimentation

Cette troisième expérimentation a eu lieu à Aix-en-Provence, à une cinquantaine de kilomètres du siège de la société Alpes Topo, en présence de M. Xavier, représentant de l'entreprise MDS, de M. Command, directeur général de l'entreprise Alpes Topo, et de moi-même.
L'objectif de cette expérimentation était de vérifier que le géoradar nous permet de répondre aux conditions imposées par la classe de précision A.

L'entreprise Alpes Topo avait effectué un levé topographique à fouille ouverte, sur plusieurs kilomètres, d'un réseau de télécommunication et plus spécifiquement de fibre optique. Le long de l'ouvrage en question, un câble conducteur a été installé à proximité, permettant ainsi de le détecter théoriquement aussi bien avec un détecteur électromagnétique qu'avec un géoradar (photographie 17).

**Photographie 17: Le réseau de fibres optiques, accompagné d'un câble permettant sa détection grâce aux techniques électromagnétiques**

Ayant la certitude qu'il faut coupler les techniques lors de la détection de réseaux souterrains, nous nous sommes servis à la fois d'un détecteur électromagnétique vLocPro2 et d'un géoradar UtliityScan DF. Par ailleurs, pour les besoins du géoréférencement, nous nous sommes munis d'une solution GNSS Leica de gamme Viva dotée d'une précision centimétrique.

Sur le terrain, nous arrivions à voir la tranchée qui a été effectuée sur la voirie pour le passage du réseau. Par ailleurs, nous avons pu avoir un accès à la plaque qui renfermait une partie du réseau et où nous avons branché le générateur du vLoc 5000. Grâce à cet accès, nous avons pu également mesurer la profondeur de l'installation du réseau (≃40 cm). Ainsi, avant de commencer la détection, nous avions une idée sur la position de l'ouvrage autant en planimétrie qu'en altimétrie.
Nous avons d'abord commencé par une détection électromagnétique rapide afin de confirmer la position du réseau, avant de passer au géoradar (photographie 18). Nous notons que les résultats annoncés par le détecteur électromagnétique semblaient très cohérents autant en planimétrie qu'en altimétrie.

**Photographie 18: Matériel déployé lors de la 3ème expérimentation**

Ensuite, nous avons effectué tous les réglages nécessaires pour une bonne détection avec le géoradar, y compris ceux de la constante diélectrique, du contraste de l'image…

Toutefois, nous n'avons pas réussi à ressortir des hyperboles relatives au réseau, même en concentrant notre attention sur l'affichage issu de l'antenne 800 MHz par rapport à cet ouvrage qui était placé à une petite profondeur.
Nous avons réinitialisé les mesures issues de la roue codeuse. Ensuite, nous avons ensuite essayé sur différents endroits, espacés de quelques kilomètres, le long de l'ouvrage mais sans aucun résultat exploitable. La seule hypothèse retenue, par rapport à ces résultats décevant, est la nature du sol qui ne favorise pas l'utilisation du géoradar. Toutefois, le sol ne semblait pas argileux [MDS, 2013].

### VI.3.3 - Bilan du test

Les résultats du géoradar présentés ici sont apparus peu probants : le réseau de fibre optique n'a pas été localisé par le géoradar bien qu'il ait été préalablement détecté par la technique électromagnétique. Nous rappellerons que des hyperboles ponctuelles (traces de racines, amas rocheux…) sont malgré tout apparues dans des zones relativement éloignées du réseau mais jamais à proximité. Le remblayage de la tranchée du réseau de fibre optique par un matériau trop conducteur pourrait expliquer l'absence de résultats au voisinage du réseau. Des mesures de résistivité auraient permis de confirmer cette hypothèse [CRIGEN, 2013].

Il est à noter que les résultats ici présentés n'ont été obtenus que sur un seul site d'essai. Pour une meilleure représentativité de la technique, un canevas d'essais plus approfondi, associant entre autres plusieurs natures de terrain, aurait été nécessaire pour conclure quant à la performance réelle de la technique.

A titre d'exemple, sur un échantillon de 20 à 70 chantiers selon les différents modèles de géoradars testés (10 modèles, simple et double fréquence), le CRIGEN rapporte un taux de détection variant de 60 à 90% selon la nature du sol, avec une précision de 10 à 20 cm en planimétrie et de 10 à 50 cm en altimétrie.

Ces résultats rapportés sont globalement satisfaisants mais montrent tout de même que le géoradar n'est pas une technique de détection infaillible. Une conductivité trop forte du sol est la principale limite de la technique géoradar. Notons qu'aucune technique n'est aujourd'hui universelle : la détection électromagnétique s'avérera inefficace sur un réseau PE, là où le géoradar pourrait permettre sa détection. En revanche, la détection électromagnétique est pertinente pour localiser une canalisation métallique sur un terrain argileux, là où le géoradar pourrait s'avérer inefficace.

La complémentarité des techniques de détection est une notion à garder à l'esprit pour parvenir à une localisation précise des réseaux enterrés. Une méthodologie rigoureuse de détection doit associer chacune des techniques de détection (électromagnétique, géoradar, acoustique, marqueurs…) au regard des contraintes environnementales susceptibles de perturber la détection (nature des canalisations et des terrains, canalisations parallèles, courants vagabonds…). Ces conclusions sont corroborées par le CRIGEN.

*[MDS, 2013] Entretien avec Jérôme Xavier lors de l'expérimentation portant sur l'appréciation de la qualité du géoradar Utility Scan DF, Aix-en-Provence. 2013.*

*[CRIGEN, 2013] Entretiens avec Emeline DROUET (CRIGEN) & A. HALLIER (MASTER 2 - IPGP) sur la géodétection des réseaux enterrés au Centre de Recherche et Innovation Gaz Energies Nouvelles, Saint-Denis. 2013.*

**Récapitulatif de la partie VI :**

Les trois expérimentations établies dans cette partie, présentent des tests de précision relatifs à des détecteurs électromagnétiques, à des couplages de ces derniers avec des stations totales et des solutions GNSS, et à des géoradars. Nous pouvons en tirer les conclusions suivantes :

- Généralement, les résultats pour la détection électromagnétique ont été satisfaisants par rapport aux exigences cartographiques imposées par la classe de précision A, introduites par la réforme DT/DICT.
- Les résultats du géoradar sont apparus peu probants et ont confirmé les interrogations des professionnels par rapport à la détection tridimensionnelle assurée par cette technique complémentaire à la détection électromagnétique.
- La complémentarité des techniques de détection est nécessaire pour une localisation précise des réseaux enterrés

# V. Choix du matériel et création du pôle Alpes Topo Détection et Géoréférencement des Réseaux Enterrés

## V.1 - Choix du matériel

Dans le cadre de ce PFE, le premier contact avec les constructeurs de matériel de détection lors des différents forums (AFT, VST…), l'avis des professionnels et des scientifiques rencontrés, ainsi que les différentes recherches bibliographiques ont permis de sélectionner à chaque fois deux ou trois instruments de détection et/ou de géoréférencement de réseaux souterrains. Après cette sélection, une étude a été menée sur cette instrumentation relevant des trois champs suivants : Détecteurs électromagnétiques, couplage de détecteurs électromagnétiques et de solutions GNSS, et géoradars.

### V.1.1 - Instruments de détection électromagnétique de réseaux

Hormis certains détecteurs électromagnétiques manipulés lors de ce projet, comme le Rigid SR20 ou le 3M 2573, d'autres instruments ont été sélectionnés pour mener une étude aboutissant à un choix de matériel servant à la création du pôle Alpes Topo Détection et Géoréférencement des Réseaux Enterrés. Il s'agit des deux appareils vLoc Pro2 et vLoc 5000 de la société Vivax Metrotech et de l'instrument RD8000 de la société SPX, comme l'illustre la photographie 19.

**Photographie 19: Confrontation terrain du RD8000 et du vLoc 5000**

Issu de la partie [I.V - Tests sur différents matériels de détection et de géoréférencement des réseaux enterrés], les résultats des expérimentations établies sur ces deux détecteurs électromagnétiques ont montré qu'avec ces derniers, nous pouvons satisfaire les exigences de la nouvelle réglementation DT/DICT quant à la classe de précision A. En plus, lors d'une démonstration terrain de ces instruments qui est effectuée avec Hubert Brerot, directeur de la société CPFD et président d'honneur de la FNEDRE, nous avons trouvé que les deux instruments fournissent les mêmes résultats en termes de qualité de signal et de profondeur annoncée sur différents types de réseaux.

Ces résultats semblables issus de la manipulation des deux instruments ont compliqué le choix du matériel. Toutefois, certains détails nous ont permis de prendre une décision quant au matériel à adopter pour développer l'activité de détection au sein de la société Alpes Topo. C'est le vLoc 5000 qui a été retenu pour cet effet. Les raisons qui ont motivé ce choix sont les suivantes :

- Le contrôle terrain automatique de la profondeur des ouvrages détectés par la méthode de la triangulation développée dans la partie [III.2.1.2.4 - Vérification de la profondeur par le principe de triangulation].
  Le RD8000 nous permet également ce contrôle, sauf qu'il est effectué d'une manière manuelle qui n'est pas très fiable. En effet, la méthode automatique est beaucoup plus précise que la méthode manuelle où nous devons choisir un gain à 100% sur le bargraphe affiché à l'écran du récepteur. Comme il s'agit de recherche de gain automatique, le bargraphe talonne à plus de 100%. Du coup, nous perdons en termes de précision de contrôle. [FNEDRE/C.P.F.D, 2013]
- L'affichage du sens du courant sur l'écran du récepteur même pour les grandes fréquences du générateur (supérieures à 8 kHz). Mis à part la direction du courant qui circule dans le réseau, son sens qui est déterminé selon l'emplacement du générateur, est aussi décisif pour le choix de l'ouvrage à détecter. L'affichage du sens du courant supprime le risque de confusion lors de la détection, surtout en zone souterraine dense.

- L'affichage automatique de la distorsion du champ électromagnétique dans la boussole qui apparait sur l'écran du récepteur. Afin de se rendre compte de cette distorsion d'une manière manuelle, comme pour le RD8000 ou le vLoc Pro 2, il faut élaborer à chaque fois une détection avec différents mode et constater les écarts annoncés. Ce qui entraine une perte de temps sur le terrain.
- L'affichage simultané de la profondeur et de l'amplitude du courant, sans nécessité d'une manœuvre de l'opérateur pour choisir ces informations.

### V.1.2 - Couplage de détecteurs électromagnétiques et de solutions GNSS

Un couplage de détecteur électromagnétique et de solution GNSS, un processus établi afin de récupérer les informations issues de la détection directement sur le carnet de l'instrument topographique. Cela sert à obtenir les véritables coordonnées tridimensionnelles des ouvrages détectés en prenant en considération la mesure de profondeur détectée. Au début de ce PFE, nous avons eu affaire à deux couplages qui sont le système SPAR 3000 de la société Geotopo, et le couplage du RD8000 avec des solutions GNSS Trimble commercialisé par la société D3E.

D'une part, les résultats des expérimentations sur la solution proposée par la société D3E, issus de la partie [VI.1 - Première expérimentation], ont montré la pertinence de ces couplages quant à la précision de la détection, à la satisfaction des exigences de la classe de précision A, et au gain de temps sur le terrain et lors de la phase de traitement de données.

D'autre part, le système SPAR 300 introduit lors de la démonstration du Trimble Express de Geotopo, est l'un des couplages les plus performants sur le marché de la détection électromagnétique de par ce qu'il offre comme possibilité de mesure et de cartographie en 3D en une seule opération, de visualisation du réseau en temps réel, de réduction de l'ambiguïté des erreurs… En plus, considéré par Hubert Brerot comme un instrument spécialement dédié au besoin du marché de Topographie des réseaux enterrés, le SPAR 300 offre une ergonomie du fait de l'intégration d'un détecteur électromagnétique de précision et d'une solution GNSS dans le même instrument (Photographie 20). En effet, tous les capteurs sont synchronisés et fixés sur la canne.

**Photographie 20: Spar 300 [Geotopo]**

La manipulation de ces deux systèmes nous a permis de se rendre compte de la nécessité d'en choisir un pour élaborer avec qualité et rapidité les prestations de détections qui concernent les réseaux conducteurs. Néanmoins, le couplage réussi, vu dans la partie [VI.2 - Deuxième expérimentation], que nous avons établi dans les deux derniers mois du projet, entre le vLoc5000 et la solution TPS Leica Viva, nous a permis de choisir afin de démarrer l'activité de la détection et de géoréférencement des réseaux enterrés conducteurs au sein d'Alpes Topo. En effet, l'entreprise dispose de plusieurs solutions TPS et GNSS Leica Viva dont le couplage se fera avec des détecteurs électromagnétiques.

### V.1.3 - Géoradars

Les Géoradars que nous avons pu manipuler et étudier lors de ce projet sont l'UtilityScan DF du constructeur GSSI, le DetectorDuo du constructeur IDS et l'EasyLocator du constructeur Mala. Par ailleurs, les tests effectués sur le géoradar UtilityScan DF nous ont montré les limites de cette technologie en termes de difficulté d'utilisation sur le terrain et de l'interprétation des résultats sans ou avec post-traitement. Néanmoins, considérée comme la seule méthode non intrusive pour la détection des réseaux non conducteurs, il a été convenu, en décision commune avec les dirigeants de la société Alpes Topo, de se servir dans un premier temps de cette technologie pour les premières prestations sans aucun achat de matériel. En effet, la location de différents matériels appartenant à différents constructeurs, nous permettra de se rendre

compte au fur et à mesure des prestations, des véritables limites de cette technologie, ainsi que du matériel à choisir pour continuer l'activité au sein d'Alpes Topo.

## V.2 – Création du pôle Alpes Topo Détection et Géoréférencement des Réseaux Enterrés et élaboration du devis

### V.2.1 - Pôle de Détection et Géoréférencement des Réseaux Enterrés d'Alpes Topo

Le pôle de Détection et de Géoréférencement des Réseaux Enterrés au sein d'Alpes Topo verra le jour à l'issue de cette étude. Certes, l'entreprise a déjà en sa possession deux détecteurs électromagnétiques de marque Rigid SR20 et avait déjà établit certaines prestations de géolocalisation des réseaux. Toutefois, ces dernières ont eu lieu avant l'apparition des nouvelles exigences entrainées par la réforme DT/DICT. C'est la raison pour laquelle, la société Alpes Topo a souhaité mené cette étude visant à comprendre les changements philosophiques entrainés par la nouvelle réglementation, ainsi qu'à choisir les matériels de détection et de géoréférencement adéquats pour le besoin du marché de la Topographie souterraine.

Ce pôle sera basé en région parisienne tout en rayonnant sur l'ensemble du territoire français, ainsi que sur la principauté de Monaco. Pour ce faire, une formation interne pour l'ensemble des techniciens de l'entreprise aura lieu dans les mois à venir, ce qui leur permettra d'être opérationnels pour les premières prestations de détection et de géoréférencement des réseaux enterrés. Cela se passera évidemment sous la supervision des deux co-gérants de la société ainsi que des responsables régionaux.

### V.2.2 - Elaboration du devis

Le coût relatif aux travaux de détection des réseaux est difficile à estimer car il prend en considération plusieurs facteurs comme la complexité du terrain ausculté, l'environnement de travail, ainsi que la nature et la longueur des ouvrages à détecter. Cela rend difficile l'établissement d'un devis pour les opérations de détection. Néanmoins, deux solutions sont retenues pour remédier à ce problème, un forfait au mètre linéaire ou un forfait à l'heure.
D'après un recensement élaboré dans le cadre de ce PFE, tout comme l'entreprise Alpes Topo, 80% des prestataires de services de détection et de géoréférencement de réseaux ont répondu à un appel d'offre où ils adoptent la solution du forfait au mètre linéaire[30]. Néanmoins elle est loin d'être la plus avantageuse. En effet, si la deuxième solution prend en compte le temps passé sur le terrain et celui nécessaire pour le traitement des données, la première se base sur la détection du mètre linéaire sans prendre en compte l'ensemble des facteurs susceptibles de ralentir la prestation.

**Récapitulatif de la partie V :**

Le choix du matériel, qui servira au développement de l'activité de détection des réseaux enterrés au sein d'Alpes Topo, n'était pas une mission simple, surtout pour les détecteurs électromagnétiques. Cela vient du fait que les différents instruments testés lors des expérimentations présentées dans ce mémoire ont répondu aux exigences réglementaires imposées par la réforme DT/DICT. Par contre, pour le géoradar, aucun choix d'achat n'a eu lieu pour l'instant, en attendant de faire un canevas d'essais sur différents sites lors de futurs tests et prestations. Par ailleurs, pour le choix du matériel de géoréférencement, nous avons opté pour une solution interne. En effet, l'entreprise possède un large panel de stations totales et de solutions GNSS de pointe.

[30] Annexe 11 : Devis relatif à la détection et au géoréférencement d'un réseau de fibre optique, réalisé par Alpes Topo, avant l'apparition de la nouvelle réforme DT/DICT

# VI. Conclusion générale et perspectives

L'ignorance de l'emplacement exact ou de la sensibilité des réseaux enterrés ainsi que le manque d'informations relatives aux travaux à proximité de ces ouvrages au sein des entreprises exécutantes de travaux, sont les raisons principales de la plupart des endommagements accidentels sur ces réseaux. Les conséquences qui en découlent sont souvent non négligeables pour les personnes, les biens, l'environnement et la continuité du service public. C'est dans ce cadre que la nouvelle réforme DT/CICT, en vigueur depuis le 1er juillet 2012, a vu le jour en apportant des changements pratiques pour limiter ces dégâts, comme l'obligation de disposer de tous les documents nécessaires au bon déroulement du chantier avant le début des travaux. Il s'agit des réponses aux DT/DICT, des consignes de sécurité reçues de la part des exploitants de réseaux, ainsi que des résultats des Investigations Complémentaires assurées par les responsables de projets. Parmi les autres améliorations apportées par la nouvelle réforme nous citons, la création d'un Guichet Unique recensant l'ensemble des coordonnées et des Zones d'Implantations relatives aux exploitants de réseaux, une meilleure répartition des responsabilités entre les différents acteurs impactés par cette réforme, une meilleure gestion des travaux d'urgence, la création d'un nouvel Observatoire National de DT/DICT, et une obligation de certification pour les acteurs amenés à travailler à proximité des réseaux. Par ailleurs, la détection et le géoréférencement de réseaux doivent être élaborés par des entreprises spécialisées, surtout pour l'établissement des Investigations Complémentaires.

Lors de ce mémoire, nous avons pu développer le contexte réglementaire de l'étude à travers une analyse des textes de loi mais aussi via l'avis de certains professionnels rencontrés. Nous avons aussi dressé un bilan de cette réforme quelques mois après sa mise en application. Par ailleurs, ce rapport présente les différentes techniques et instruments de détection et de géoréférencement des réseaux enterrés, qu'il s'agisse de détection électromagnétique ou de géoradar. Pour chacune de ces techniques, une méthodologie rigoureuse de détection a été développée en se basant sur les démonstrations et les expérimentations sur le terrain.
Nous avons eu la chance d'établir trois tests de précision lors de ce projet sur des détecteurs électromagnétiques, des couplages de ces derniers avec des stations totales et des solutions GNSS, et sur des géoradars. Généralement, les résultats pour la détection électromagnétique étaient satisfaisants par rapport aux exigences cartographiques imposées par la classe de précision A, introduites par la nouvelle réforme DT/DICT. Par ailleurs, le détecteur électromagnétique s'avère être un outil d'avenir pour les entreprises de Topographie et les cabinets de GE souhaitant se lancer dans l'activité de la détection de réseaux. Toutefois, les résultats du géoradar sont apparus peu probants et ont confirmé les interrogations des professionnels par rapport à la détection tridimensionnelle assurée par cette technique est loin d'être infaillible. Actuellement, des études sont en cours de réalisation notamment par des centres de recherche comme le CRIGEN, pour appréhender les phénomènes liés à cette technique. Pour résumer, la complémentarité des techniques de détection est nécessaire à une localisation précise des réseaux enterrés.

La demande de géoréférencement des réseaux enterrées est en nette progression, en témoigne les nombreux appels d'offre lancés à la fois par des exploitants de réseaux et des collectivités territoriales pour l'amélioration de la cartographie des réseaux dont ils sont responsables, mais aussi par les responsables de projets qui souhaitent établir des Investigations Complémentaires. Toutefois, la détection de réseaux enterrés est un corps de métier à part entière qui demande une étude approfondie. De ce fait, l'installation d'une activité de détection permanente au sein d'une entreprise de Topographie doit se faire à l'aide de formations et études préalables d'appoint afin de garantir une qualité dans la prestation fournie et de prévenir tout risque d'endommagement des réseaux lors des travaux.

Il faut préciser que la société Alpes Topo a déjà assuré certaines prestations de détection et de géoréférencement de réseaux enterrés dans le passé. En effet, l'expérience que possèdent les responsables nationaux et régionaux ainsi que certains techniciens de l'entreprise par rapport à l'utilisation des détecteurs électromagnétiques et des géoradars aidera considérablement au développement d'une activité permanente de détection de réseaux enterrés au sein de la société.
Néanmoins, cette étude a permis à l'entreprise de cerner les différentes exigences de la nouvelle réforme DT/DICT, et de faire le lien avec les nouvelles technologies instrumentales relatives au monde de la détection et au géoréférencement des réseaux enterrés. Par ailleurs, la satisfaction de la direction d'Alpes Topo par rapport à cette étude l'a poussé à investir dans le détecteur électromagnétique vLoc 5000, et à étudier les possibilités de location de géoradars pour élaborer plus de tests sur cette technologie dans le futur. L'entreprise est également en train d'étudier de près le marché de la Topographie souterraine, afin de formuler des réponses à des appels d'offres dans les prochains mois. En effet, la société considère que cette étude lui permettra d'être un prestataire de services crédible sur le marché de la détection et du géoréférencement des réseaux enterrés.

Enfin, le marché de la détection et du géoréférencement des réseaux enterrés en France ouvre plusieurs débats réglementaires et techniques :

- Considérées comme trop courts pour fournir les meilleurs fonds de plans par la plupart des exploitants de réseaux rencontrés, les délais de 2019 et 2026, inscrits dans le calendrier de la nouvelle réforme DT/DICT, seront-ils repoussés ?
- Arriverons-nous à obtenir, dans les mois qui suivent, un véritable démarrage des Investigations Complémentaires et des clauses techniques et financières, ainsi qu'une meilleure connaissance du guide technique relatif aux travaux à proximité des réseaux ?
- Arriverons-nous à mieux maitriser la technique du géoradar dans les prochaines années, ou serons-nous capables d'inventer une alternative à cette technique pour mieux garantir la cartographie des ouvrages non conducteurs de courant ?

Les réponses à ces questions sont primordiales pour garantir la sécurité à proximité des ouvrages enterrés, comme l'avait imaginé la réforme DT/DICT.

# Table des illustrations

## *Figures*

Figure 1: Organigramme simplifié de la société Alpes Topo ..... - 4 -
Figure 2: Localisation des chantiers d'Alpes Topo IDF ..... - 5 -
Figure 3: Polygone issue d'un fichier de zonage [reseaux-et-canalisations.ineris.fr] ..... - 10 -
Figure 4: Pourcentage d'ouvrages en classe de précision A au sein de différents exploitants de réseaux dans la première moitié de l'année 2013 [Résultats des entretiens élaborés dans le cadre du PFE] ..... - 22 -
Figure 5: Schéma présentant les champs électromagnétiques induits par des réseaux souterrains et aériens [Manuel d'utilisation du vLoc-5000] ..... - 25 -
Figure 6: Schéma de l'émetteur en mode de transmission actif indirect par induction ..... - 26 -
Figure 7: Schéma de l'émetteur en mode de transmission par utilisation ..... - 26 -
Figure 8: Schéma de l'émetteur en mode de transmission direct par raccordement ..... - 27 -
Figure 9: Détection électromagnétique par sonde [SEBA KMT] ..... - 27 -
Figure 10: Schéma d'utilisation du mode sonde ..... - 27 -
Figure 11 : Schéma d'utilisation du mode Nul [Manuel d'utilisation du vLoc-5000] ..... - 30 -
Figure 12: Schéma d'utilisation du mode Large /Max ..... - 30 -
Figure 13: Schéma d'utilisation du mode Max [Manuel d'utilisation du vLoc-5000] ..... - 30 -
Figure 14: Schéma montrant le principe de la triangulation manuelle à 50% et à 70% [Manuel d'utilisation du vLoc-5000] ..... - 31 -
Figure 15: Principes de base du géoradar ..... - 33 -
Figure 16: Exemple de radargramme [CRIGEN, 2013] ..... - 34 -
Figure 17: Production des hyperboles de réflexion [visioreso.fr] ..... - 34 -
Figure 18: Taille et géométrie des cibles ..... - 35 -
Figure 19: Réglage de la constate diélectrique [MDS] ..... - 36 -
Figure 20: Etapes de détection par géoradar avec traitement de données [georadar.com/] ..... - 37 -
Figure 21 : Calage de profondeur après traitement de l'image radar [MDS] ..... - 38 -
Figure 22: Vue 3D sur des réseaux enterrés [GRED 3D, ABEM] ..... - 38 -
Figure 23 : Vue de haut et de côté sur les polylignes 3D relatives au tracé du câble principal et du TN ..... - 42 -
Figure 24: Vue schématique de côté concernant la mise en place du câble principale ..... - 43 -
Figure 25: Polylignes 2D, illustrant le TN et les tracés relatifs au câble secondaire à fouille ouverte et fermée ..... - 47 -
Figure 26: Vue de plan et profil en plan sur les polylignes 3D relatives au tracé du câble principal HTA - 51 -
Figure 27: Données contribuant au calcul de la précision effective du vLoc5000, lors de la deuxième expérimentation ..... - 51 -

## *Photographies*

Photographie 1: Explosion d'un gazoduc suite à un endommagement par un engin de chantier à Ghislenghein (Belgique) [lesoir.be] ..... - 6 -
Photographie 2 : Branchement du cordon rouge à l'âme du réseau électrique ..... - 28 -
Photographie 3: Paramètres d'affichage d'un détecteur électromagnétique ..... - 30 -
Photographie 4: Vérification terrain de la profondeur par la méthode de triangulation semi-automatique - 32 -
Photographie 5: Présentation du vLoc-5000, le vLoc Pro2 (Vivax Metrotech), du RD8000 PDL (SPX), et du détecteur 2573 (3M) ..... - 32 -

Photographie 6: Marquage au sol par bombe de peinture lors d'un croisement d'un réseau par géoradar ..- 36 -
Photographie 7 : Appareil HL 5000 H2 de localisation des fuites d'eau par méthode acoustique ou gaz traceur [Seba KMT].....- 39 -
Photographie 8: Instruments contribuant à l'élaboration de la première expérimentation [fr.radiodetection.com, ridgid.com, leica-geosystems.com, d3e.fr].....- 40 -
Photographie 9: Réalisation des deux tranchées déployées pour la première expérimentation .....- 40 -
Photographie 10: Géoréférencement des câbles à tranchée ouverte, suivant un repère d'un pas de 25 cm.- 41 -
Photographie 11: géolocalisation des câbles enterrés avec le système D3E .....- 42 -
Photographie 12: Raccordement direct sur le câble HTA .....- 49 -
Photographie 13: Réglage de la fréquence d'émission du générateur par des tests de mesures de profondeurs - 49 -
Photographie 14: Détection et géoréférencement du câble HTA .....- 50 -
Photographie 15: Mesure de la profondeur réelle du tube contenant le câble HTA.....- 51 -
Photographie 16: Démonstration du géoradar UtilityScan DF.....- 54 -
Photographie 17: Le réseau de fibres optiques, accompagné d'un câble permettant sa détection grâce aux techniques électromagnétiques.....- 54 -
Photographie 18: Matériel déployé lors de la 3ème expérimentation .....- 54 -
Photographie 19: Confrontation terrain du RD8000 et du vLoc 5000 .....- 56 -
Photographie 20: Spar 300 [Geotopo].....- 57 -

## *Tableaux*

Tableau 1: Compte de résultat du SARL Alpes Topo [societe.com].....- 5 -
Tableau 2: Classes de précision selon l'arrêté du 15 février 2012.....- 10 -
Tableau 3: Délais à respecter dans le cadre de la procédure DT/DICT.....- 19 -
Tableau 4: Valeurs communes de conductivité, résistivité et constante diélectrique pour des matériaux géologiques communs [georadar.com/].....- 34 -
Tableau 5: Récapitulatif des écarts et des emq de la première expérimentation .....- 45 -
Tableau 6: Ecarts moyens et emq des échantillons 2 et 3, en tenant compte du véritable effet de la proximité de la fin du câble.....- 46 -
Tableau 7: Ecarts et emq relatifs au câble secondaire .....- 48 -
Tableau 8: Récapitulatif des écarts et de l'emq de la deuxième expérimentation.....- 52 -

# Bibliographie

## *Ouvrages, revues et mémoires*

Baumann, O. [2011], Les travaux à proximité des réseaux réformés, Le moniteur, n°5593, 4 Février. p 45-48.

Cornette, G. & Galley, V. [2011], Géoréférencement des réseaux enterrés : des techniques de relevé à la gestion d'un cadastre du sous-sol, Revue XYZ, n° 127, 2ème trimestre, p. 24-28/72

Maillard, J-P. [2012], l'environnement des réseaux de transport et de distribution décrétée ou le récolement dans la lumière, Revue XYZ, n° 130, 1er trimestre, p. 32-33/70

Polidori, L. & Costa, G. [2011], Réseaux enterrés : sécurité, fiabilité, Revue Géomètre, n° 2087, Edition Publi Topex, décembre, p. 30-42/60

Lugli, T., [2011], Les réseaux enterrés : savoir avant de creuser, Mémoire d'ingénieur de l'Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes, spécialité Topographie, 45 p.

Ruggeri, P., [2013], Impact de la réforme « Anti-endommagement des Réseaux » sur la qualité et les précisions topographiques demandées dans les marches publics de travaux, Mémoire d'ingénieur de l'Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes, spécialité Topographie, 48 p.

Bach, J-P., [2013], Mise en place de l'activité de détection de réseaux au sein d'un cabinet de géomètre-expert, Mémoire d'ingénieur de l'Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes, spécialité Topographie, 46 p.

## *Références réglementaires*

Arrêté du 16 septembre 2003 portant sur les classes de précision applicables aux catégories de travaux topographiques réalisés par l'État, les collectivités locales et leurs établissements publics ou exécutés pour leur compte, JORF n°252 du 30 octobre 2003, p. 18546

Arrêté du 23 décembre 2010 relatif aux obligations des exploitants d'ouvrages et des prestataires d'aide envers le téléservice «reseaux-et-canalisations.gouv.fr», JORF n°0301 du 29/12/2010

Décret n° 2010-1600 du 20 décembre 2010 relatif au guichet unique créé en application de l'article L. 554-2 du code de l'environnement, JORF n°0296 du 22 décembre 2010

Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement dite loi Grenelle II, JORF n°0160 du 13 juillet 2010

Décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, JORF n°0233 du 7 octobre 2011, p. 16952

Arrêté du 15 février 2012 d'application du chapitre IV du titre V du livre V du code de l'environnement relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, JORF n°0045 du 22 février 2012, p. 2988

Arrêté du 19 février 2013 encadrant la certification des prestataires en géoréférencement et en détection des réseaux et mettant à jour des fonctionnalités du téléservice « reseaux-et-canalisations.gouv.fr », JORF n°0058 du 9 mars 2013, p. 4265

## *Documentation technique*

Vivax Metrotech, Manuel d'utilisation du vLoc 5000

Guichet Unique, Guide Technique relatif aux travaux à proximité des réseaux, version juin 2012

## *Sites Internet*

DICT@[2013],
URL http://www.dict.fr/

DICTSERVICES@[2013],
URL http://www.dictservices.fr/

PROTYS@[2013],
URL http://www protys.fr/

OBSERVATOIRE-NATIONAL-DT-DICT@[2013],
URL http://www.observatoire-national-dt-dict.fr/

RESEAUX-INFOS-TRAVAUX@[2013],
URL http://www.reseaux-infos-travaux.fr

LAVIEDESRESEAUX@[2013],
URL http://laviedesreseaux.fr/

VISIORESO@[2013],
URL http://www.visioreso.fr/

SOCIETE@[2013],
URL http://societe.com

ABEMFRANCE-GEORADAR@[2013],
URL http://www.abemfrance-georadar.eu/

RADIODETECTION@[2013],
URL http://fr.radiodetection.com/

SEBAKMT@[2013],
URL http://www.sebakmt.com/fr/

MDS-PARIS@[2013],
URL http://www.mds-paris.com/

FNEDRE@[2013],
URL http://www.fnedre.org/

FSTT@[2013],
URL http://www.fstt.org/sommaire.php/

LEGIFRANCE.GOUV@[2013],
URL http://www.legifrance.gouv.fr

RESEAUX-ET-CANALISATIONS.INERIS@ [2013],
URL http://reseaux-et-canalisations.ineris.fr

GEORADAR@ [2013],
URL http://georadar.com/

# Liste des abréviations

**AFNOR** : Association Française de Normalisation
**AFT** : Association Française de Topographie
**ATU** : Attestation de Travaux Urgents
**BT** : Basse Tension
**BTP** : Bâtiment et Travaux Publics
**CERFA** : Centre d'Enregistrement et de Révision des Formulaires Administratifs
**CMR** : Cancérogène (ou cancérigène), Mutagène et Reprotoxique
**COFRAC** : Comité Français d'Accréditation
**CPCU** : Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain
**CPFD** : Conseils/Prestations/Formation en Détection de canalisations enterrées
**CRIGEN** : Centre de Recherche & Innovation Gaz et Energies Nouvelles de GDF SUEZ
**DAO** : Dessin Assisté par Ordinateur
**DCE** : Dossier de Consultation des Entreprises
**DICT** : Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux
**DR** : Demande de renseignement
**DT** : Déclaration de projet de Travaux
**EMQ** : Erreur moyenne quadratique
**FFB** : Fédération Nationale des Travaux Publics
**FNEDRE** : Fédération Nationale des Entreprises de Détection de Réseaux Enterrés
**FNTP** : Fédération Française du Bâtiment
**FSTT** : Fédération France Sans Tranchées Technologies
**GNSS**: Global Navigation Satellite System (GPS, GLONASS, Galileo, IRNSS, Compass…)
**GU**: Guichet Unique
**HTA** : Haute Tension type A
**HTB** : Haute Tension type B
**H2S** : Sulfure d'Hydrogène
**IC** : Investigations Complémentaires
**IDF** : Ile-de-France
**INSA** : Institut National des Sciences Appliquées
**INERIS** : Institut National de l'EnvirRonnement Industriel et des Risques
**MOA** : Maîtrise d'OuvrAge (ou Maître d'ouvrage)
**MOE** : Maîtrise d'Œuvre (ou Maître d'œuvre)
**MP** : Marquage/Piquetage
**PE** : PolyÉthylène
**PFE** : Projet de Fin d'Etude
**PRV** : Polyester Renforcé de Verre
**PVC** : Polychlorure de Vinyle
**SARL** : Société A Responsabilité Limitée
**SCOP du BTP** : Sociétés Coopératives de Production du Bâtiment et des Travaux Publics
**SIG** : Système d'Information Géographique
**SIGOR** : Système d'Information Géographique de la ville d'ORléans
**SMEAUX** : Société Monégasque des Eaux
**TN** : Terrain Naturel
**VST** : Ville Sans Tranchée
**ZI** : Zone d'Implantation

# Glossaire

**Affleurant** : partie d'un réseau existant visible depuis la surface (coffret, bouche à clé, armoire, regard, éléments de signalisation, etc.) [31].

**Branchement** : ramification d'un réseau de distribution ou de collecte desservant un client individuel ou un nombre très limité de clients [32].

**Classes de précision** : Classes de précision cartographique des ouvrages mesurée à partir de leurs enveloppes extérieures.

- classe A : un ouvrage ou tronçon d'ouvrage est rangé dans la classe A si l'incertitude maximale de localisation indiquée par son exploitant est inférieure ou égale à 40 cm et s'il est rigide, ou à 50 cm s'il est flexible (ou 80 cm pour les ouvrages de génie civil antérieurs au 01/01/2011 associés au transport ferroviaire ou guidé) ;
- classe B : un ouvrage ou tronçon d'ouvrage est rangé dans la classe B si l'incertitude maximale de localisation indiquée par son exploitant est supérieure à celle relative à la classe A et inférieure ou égale à 1,5 m ;
- classe C : un ouvrage ou tronçon d'ouvrage est rangé dans la classe C si l'incertitude maximale de localisation indiquée par son exploitant est supérieure à 1,5 m ou s'il n'est pas cartographié [31].

**Conductivité** électrique: Grandeur qui caractérise l'aptitude d'un corps ou d'une solution à laisser passer le courant électrique. C'est l'inverse de la résistivité [33].

**Entreprise d'exécution de travaux** : personne physique ou morale assurant l'exécution des travaux, y compris si elle intervient comme sous-traitant ou comme membre d'un groupement d'entreprise [31].

**Erreur systématique** : Forme d'erreur ayant tendance à être toujours positive ou toujours négative. C'est aussi une erreur biaisée dont la distribution a une moyenne différente de zéro [32].

**Exploitant de réseau** : Personne physique ou morale qui gère un réseau et en assume la responsabilité [30].

**Dématérialisation :** Opération qui a pour principale conséquence la disparition de la représentation matérielle (sous la forme d'un document en papier) des actions et des obligations [32].

**Dispersion** : Décomposition d'un rayonnement électromagnétique causée par la variation des caractéristiques du milieu de propagation, en fonction de la longueur d'onde [32].

**Géoréférencement** : action qui consiste à relier un objet et les données qui lui sont associées à sa position dans l'espace par rapport au système réglementaire de coordonnées géographiques [31].

**Induction électrique**: Phénomène qui consiste dans l'apparition de charges électriques sur la surface d'un corps non chargé au départ et placé dans le voisinage d'un champ électrique produit par un corps porteur de charges électriques [32].

**Induction magnétique et couplage capacitif :** Phénomènes d'influence affectant toute pièce conductrice située le long d'ouvrages électriques aériens à haute tension à des distances pouvant atteindre deux ou trois cents mètres. Ils peuvent notamment se manifester sur des barrières de sécurité routière, des tendeurs métalliques de vignes, des fils barbelés, des clôtures, des véhicules, des engins, des grues, etc. Le couplage capacitif s'accroît avec la tension de l'ouvrage inducteur et l'induction magnétique avec l'intensité du courant inducteur. Cette dernière propriété explique que le phénomène d'induction est renforcé quand le circuit inducteur est affecté par un défaut ou un court-circuit, ou encore, dans le cas d'une induction créée par un ouvrage de traction, quand une motrice électrique circule [31].

**Levé topographique** : Ensemble des opérations destinées à recueillir sur le terrain les mesures nécessaires à l'établissement d'une carte topographique. Les mesures effectuées lors d'un levé topographique sont de deux ordres : le levé planimétrique, qui permet de déterminer la position des détails dans un plan horizontal, et le levé altimétrique, qui donne la position de ces mêmes points au-dessus ou au-dessous d'un plan horizontal de référence [32].

**Permittivité** : Grandeur dont le produit par le champ électrique est égal à l'induction électrique [32].

**Précision d'une mesure** : La finesse avec laquelle une estimation approche la moyenne d'une longue série d'estimations effectuées sur le même objet dans des conditions similaires [32].

**Puissance électrique**: Puissance fournie à un moteur par un réseau d'alimentation électrique [32].

---

[31] Définition selon la norme AFNOR NF S70-003-1
[32] Définition selon le Guide Technique relatif aux travaux à proximité des réseaux
[33] Définition selon le Grand dictionnaire terminologique

**Polyéthylène (PE)** : variété de matériau plastique constitutif d'une canalisation [31].

**Polychlorure de vinyle (PVC)** : variété de plastique [31].

**Réflexion** : Phénomène par lequel une onde tombant sur la surface de séparation de deux milieux de propagation doués de propriétés différentes retourne dans le milieu d'où elle provient [32].

**Réfraction** : Phénomène caractérisé par le changement de la direction de propagation d'un rayonnement, lequel changement est déterminé par les variations de la vitesse de propagation dans un milieu optiquement non homogène, ou au passage d'un milieu à un autre [32].

**Réseau** : partie d'un ouvrage pouvant contenir des éléments linéaires de canalisation, des équipements ou accessoires et des branchements [31].

**Travaux urgents** : travaux non prévisibles effectués en cas d'urgence et justifiés par la sécurité, la continuité du service public ou la sauvegarde des personnes ou des biens ou en cas de force majeure [31].

# Sommaire des annexes

Annexe 1 : Exemple de saisie d'emprise de chantier sans authentification et liste d'exploitants à contacter…….....70

Annexe 2 : Aperçu sur les prestataires d'aide à la déclaration auprès du GU……...71

Annexe 3 : Code couleurs normalisées des réseaux selon la norme NF P 98-332……74

Annexe 4 : Compte-rendu de la réunion du 15 mai 2013 de l'Observatoire régional d'Auvergne, communiqués par C. Le-Loup, adjoint chef de département de production au sein de l'unité d'intervention en Provence-Alpes-Côte d'Azur à France Telecom……75

Annexe 5 : Notice explicative et exemple de plans joints en réponse à une DT de la part de la CPCU..78

Annexe 6 : Exemple de plan extrait du SIG de Veolia Eau IDF, joint en réponse à une DICT……81

Annexe 7 : Processus DT/DICT synthétisé en 16 étapes……...83

Annexe 8 : Calendrier de mise en œuvre du plan anti-endommagement……..84

Annexe 9 : Présentation des principaux ouvrages à détecter et des risques afférents……...85

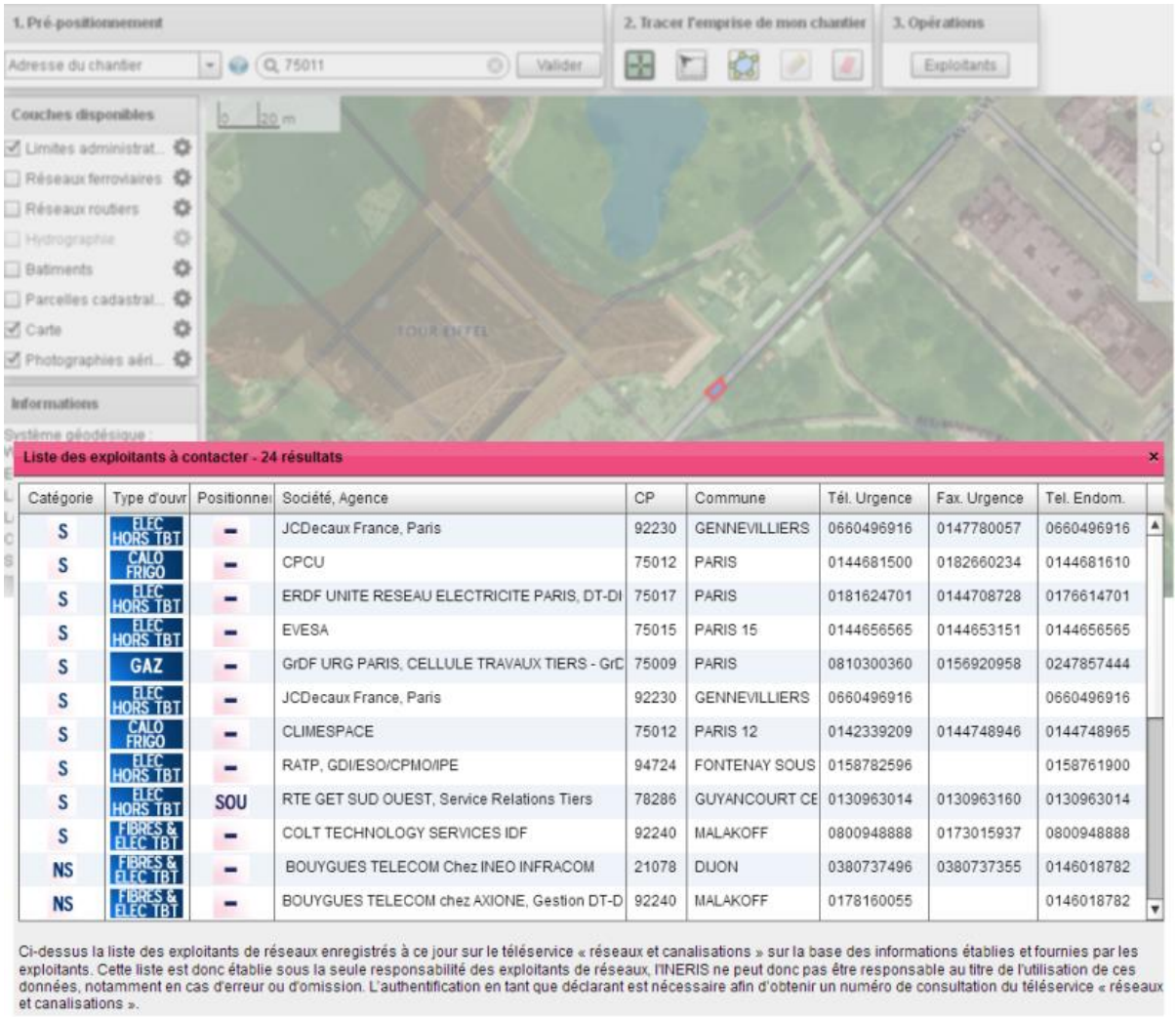
Annexe 10 : Radargrammes illustrant l'importance de la nature du terrain et du post-traitement sur les données extraites du géoradar……88

Annexe 11 : Trame de sortie du carnet de de la station totale Viva TS15 suite à la détection et au géoréférencement d'un ouvrage……..89

Annexe 12 : Devis relatif à la détection et au géoréférencement d'un réseau de fibre optique, réalisé par Alpes Topo, avant l'apparition de la nouvelle réforme DT/DICT……..90

# Annexe 1 : Exemple de saisie d'emprise de chantier sans authentification et liste d'exploitants à contacter

La saisie de l'emprise de chantier par le déclarant ainsi que l'obtention de la liste des exploitants à contacter se fait sur la rubrique Outils -> Tracer votre emprise de chantier, sur le site Internet reseaux-et-canalisations.ineris.fr. L'exemple ci-après est extrait d'un accès à la cartographie sans authentification :


1. Pré-positionnement
2. Tracer l'emprise de mon chantier
3. Opérations
Adresse du chantier
75011
Valider
Exploitants
Couches disponibles
Limites administrat...
Réseaux ferroviaires
Réseaux routiers
Hydrographie
Batiments
Parcelles cadastral...
Carte
Photographies aéri...
Informations
Liste des exploitants à contacter - 24 résultats
Catégorie | Type d'ouvr | Positionnei | Société, Agence | CP | Commune | Tél. Urgence | Fax. Urgence | Tel. Endom.
S | ELEC HORS TBT | - | JCDecaux France, Paris | 92230 | GENNEVILLIERS | 0660496916 | 0147780057 | 0660496916
S | CALO FRIGO | - | CPCU | 75012 | PARIS | 0144681500 | 0182660234 | 0144681610
S | ELEC HORS TBT | - | ERDF UNITE RESEAU ELECTRICITE PARIS, DT-DI | 75017 | PARIS | 0181624701 | 0144708728 | 0176614701
S | ELEC HORS TBT | - | EVESA | 75015 | PARIS 15 | 0144656565 | 0144653151 | 0144656565
S | GAZ | - | GrDF URG PARIS, CELLULE TRAVAUX TIERS - GrD | 75009 | PARIS | 0810300360 | 0156920958 | 0247857444
S | ELEC HORS TBT | - | JCDecaux France, Paris | 92230 | GENNEVILLIERS | 0660496916 | | 0660496916
S | CALO FRIGO | - | CLIMESPACE | 75012 | PARIS 12 | 0142339209 | 0144748946 | 0144748965
S | ELEC HORS TBT | - | RATP, GDI/ESO/CPMO/IPE | 94724 | FONTENAY SOUS | 0158782596 | | 0158761900
S | ELEC HORS TBT | SOU | RTE GET SUD OUEST, Service Relations Tiers | 78286 | GUYANCOURT CE | 0130963014 | 0130963160 | 0130963014
S | FIBRES & ELEC TBT | - | COLT TECHNOLOGY SERVICES IDF | 92240 | MALAKOFF | 0800948888 | 0173015937 | 0800948888
NS | FIBRES & ELEC TBT | - | BOUYGUES TELECOM Chez INEO INFRACOM | 21078 | DIJON | 0380737496 | 0380737355 | 0146018782
NS | FIBRES & ELEC TBT | - | BOUYGUES TELECOM chez AXIONE, Gestion DT-D | 92240 | MALAKOFF | 0178160055 | | 0146018782
Ci-dessus la liste des exploitants de réseaux enregistrés à ce jour sur le téléservice « réseaux et canalisations » sur la base des informations établies et fournies par les exploitants. Cette liste est donc établie sous la seule responsabilité des exploitants de réseaux, l'INERIS ne peut donc pas être responsable au titre de l'utilisation de ces données, notamment en cas d'erreur ou d'omission. L'authentification en tant que déclarant est nécessaire afin d'obtenir un numéro de consultation du téléservice « réseaux et canalisations ».

# Annexe 2 : Aperçu sur les prestataires d'aide à la déclaration auprès du GU

## I. Les prestataires d'aide à la déclaration

Un prestataire d'aide à la déclaration permet de gérer d'une manière performante le flux quotidien des DT/DICT reçues et envoyées par les utilisateurs du GU. Il s'agit d'un outil performant centralisant les déclarations surtout lorsqu'il n y a pas une véritable harmonisation entre les différentes filiales d'une même grande structure de gestion de réseaux.

Selon la série d'entretiens réalisée lors de ce PFE, nous avons pu avoir un aperçu sur les prestataires de services les plus fréquemment utilisés par les exploitants de réseaux. Il s'agit principalement des trois sites Internet :

### I.1 - DICT.fr

Créé en 2000 bien avant l'apparition de la nouvelle réglementation DT/DICT, le portail DICT.fr est l'inventeur de la DICT sur internet. Rassemblant environ 45 000 utilisateurs qui échangent plus de 10 millions de documents par an, ce portail est considéré actuellement comme le prestataire n°1 de l'aide à la déclaration par rapport aux autres prestataires de services. En effet, 65% des déclarations (DT et DICT), ainsi que 32% des réponses d'exploitants passent par ce portail. Ce qui rend DICT.fr la plateforme qui regroupe le plus grand nombre d'exploitants de réseaux, leur permettant également de réaliser la gestion déléguée de leurs déclarations.

### I.2 - PROTYS.fr

La création des sept grands exploitants de réseaux (GrDE, ERDF, GRTgaz, Orange, RTE et TIGF et Lyonnaise des Eaux), PROTYS.fr est un portail créé depuis l'année 2008.
Acteur majeur de la sécurité et de la protection des réseaux, PROTYS, membre fondateur de l'Observatoire National DT/DICT, met toute son expertise à contribution lors de ses échanges avec l'AFNOR, le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, la Direction Générale de la Modernisation de l'État et le Ministère de l'Intérieur [Protys.fr].
Ce prestataire de services compte 4500 utilisateurs, plus de vingt collaborateurs, 4,5 millions d'euros de chiffre d'affaires, 10 millions de documents traités par an, ainsi qu'une croissance annuelle de 21%.

### I.3 - DICTSERVICES.fr

Forte de son expertise et suite à la reprise des activités de la société Urbann-Net-City, SIG IMAGE a lancé en 2007 sa solution web DICTservices.fr. Avec plus de 1000 clients en 5 ans d'activité, DICTservices.fr a réalisé la plus forte progression du secteur dont un très grand nombre d'entreprises qui utilisait d'autres services.

### I.4 - Avis d'un expert sur les trois prestataires d'aide à la déclaration

France Telecom utilise les trois prestataires d'aide à la déclaration pour différentes raisons :

- PROTYS.fr est un consortium où France Télécom possède des parts. En fait, ce portail est une création des exploitants de réseaux qui est jeune et qui a peu de clients à ce jour. Il rencontre certains problèmes techniques, notamment dans le temps de traitement des demandes, qu'il est en train de surmonter [France Telecom, 2013].

- DICT.fr est le leader du marché de l'aide à la déclaration. Ainsi il nous permet de travailler rapidement et éviter d'envoyer des courriers.

Avant d'utiliser ce prestataire de services, France Telecom ne pouvait pas traiter dans le portail de DICT.fr, les demandes des utilisateurs qui en sont issues. Par conséquent, ce prestataire d'aide éditait toutes les demandes, les envoyait par courrier à France Telecom, qui lui retournait aussi les réponses par voie postale.
A force de se rendre compte de la perte de temps via cette procédure et vue que la plupart des demandes passent par ce portail, France Telecom n'a pas pu travailler avec ce prestataire de services [France Telecom, 2013].

- DICTSERVICES.fr est un prestataire de services qui permet une grande rapidité concernant la réception et le transfert des demandes, ainsi qu'un gain d'argent vue la productivité effectuée. De ce fait, France Telecom a choisi de travailler aussi avec lui au niveau national, même s'il s'agit d'une petite structure et qu'il est un concurrent direct de PROTYS.fr où l'entreprise possède des parts [France Telecom, 2013].

*[France Telecom, 2013] Entretien avec Christian Le-Loup, adjoint chef de département de production au sein de l'unité d'intervention en Provence-Alpes-Côte d'Azur à France Telecom, sur l'impact de la nouvelle réglementation DT/DICT sur l'entreprise France Telecom, Draguignan. 2013.*

## II. Les avantages d'utilisation d'un prestataire d'aide à la déclaration

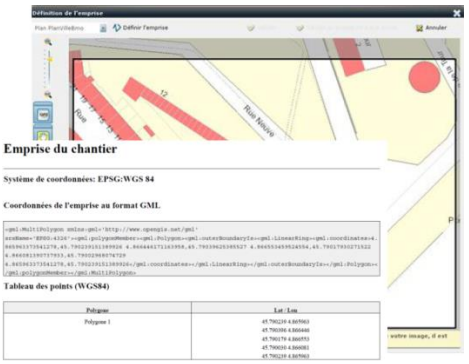
Les portails de ces prestataires d'aide à la déclaration permettent un gain considérable de temps et d'énergie à la fois aux exploitants de réseaux et aux déclarants :

### II.1 - Les avantages pour les exploitants de réseaux (Source DICT.fr)

- Pré-remplissage automatique du récépissé à partir des éléments de la DT-DICT
- Envoi des réponses en lot
- Des offres d'accompagnement à l'enregistrement sur le Guichet unique
- Outils d'aide à la décision pour les exploitants de réseaux

Exemple : le polygone
Ici, l'ouvrage apparait en bleu et la zone d'emprise en noir.
L'emprise des travaux ne croise pas le polygone d'implantation de l'ouvrage.
La distance entre l'emprise des travaux et l'ouvrage est affichée pour aider à la qualification du dossier.

- Des solutions d'interopérabilité avec le SIG de l'exploitant :




- Lien SIG
- Intégration des coordonnées géoréférencées de l'emprise (fichier KML)
- Intégration du SIG sur le portail du prestataire d'aide à la déclaration

- Possibilité de déléguer tout ou partie du processus d'instruction des déclarations.

- DICT.fr permet aussi de réaliser la gestion déléguée des DT-DICT.
- Les exploitants confient tout ou partie des tâches d'instruction des déclarations :
  Depuis la réception de la déclaration jusqu'à l'envoi de la réponse circonstanciée, en passant par l'ouverture des plis, la numérisation et la saisie des informations, le rapprochement entre

l'emprise du chantier et le tracé du réseau, la pré-qualification ou la qualification (non concerné, risqué, concerné, ...), la préparation des pièces à joindre à la réponse.

- Délégation du suivi de chantier pour les déclarants

Réception les documents (fax, mail, courrier) dans le portail, numérisation des récépissés, intégration automatique des réponses dans le tableau récapitulatif du chantier.

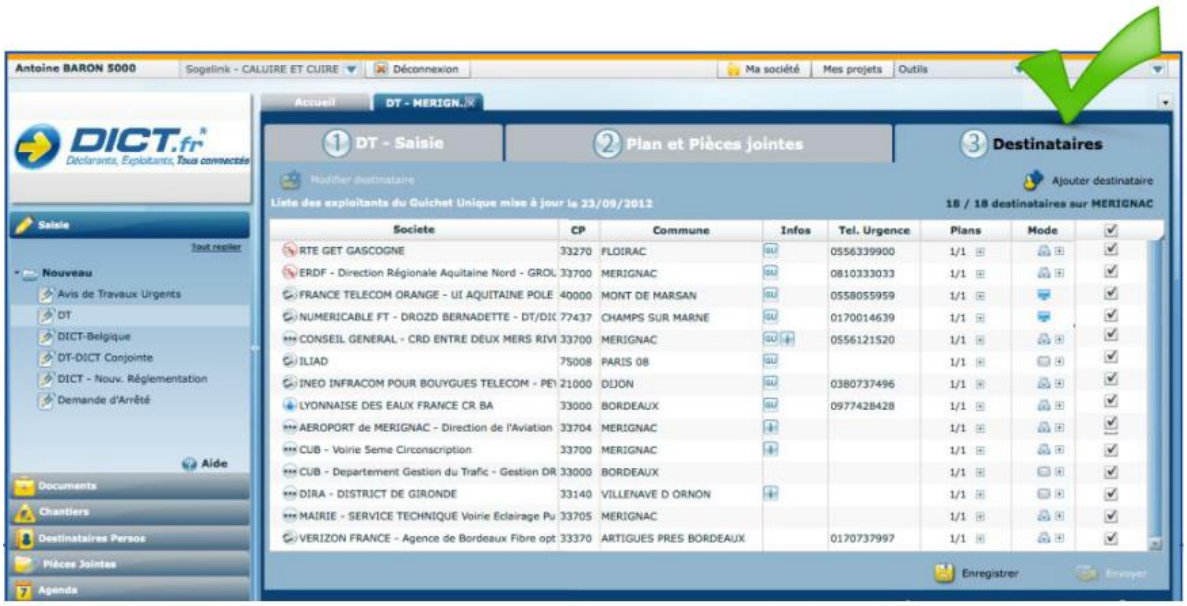
## II. 2 - Les avantages pour les déclarants (Source DICT.fr)

### - Par le GU :

- Réception d'un email valable 72 heures comprenant :
  - Dossier de consultation (plan avec zone d'emprise et numéro de consultation GU) ;
  - Imprimés de déclaration DT-DICT partiellement pré-remplis ;
  - Complétude de chaque imprimé (autant que d'exploitants).
- Envoi des déclarations et suivi des réponses manuellement.

### - Par le prestataire d'aide à la déclaration :

- Saisie unique du formulaire pour l'ensemble des destinataires ;
- Affichage immédiat de la liste des exploitants du Guichet unique ;
- Affichage liste complémentaire d'exploitants non encore enregistrés ayant du réseau ;
- Envoi et suivi des déclarations par la plateforme (avec numéro consultation GU), alerte, traçabilité, archivage à valeur probante, … ;
- Délai de réponse aux DT raccourci ;
- Preuve d'envoi d'une lettre de rappel en mode site, équivalente au LRAR ;


Antoine BARON 5000
Déconnexion
Ma société
Mes projets
Outils
DICT.fr
1 DT - Saisie
2 Plan et Pièces jointes
3 Destinataires
Ajouter destinataire
Liste des exploitants du Guichet Unique mise à jour le 23/09/2012
18 / 18 destinataires sur MERIGNAC
Saisie
Nouveau
Avis de Travaux Urgents
DT
DICT-Belgique
DT-DICT Conjointe
DICT - Nouv. Réglementation
Demande d'Arrêté
Aide
Documents
Chantiers
Destinataires Persos
Pièces Jointes
Agenda
Societe
CP
Commune
Infos
Tel. Urgence
Plans
Mode
RTE GET GASCOGNE 33270 FLOIRAC 0556339900 1/1
ERDF - Direction Régionale Aquitaine Nord - GROL 33700 MERIGNAC 0810333033 1/1
FRANCE TELECOM ORANGE - UI AQUITAINE POLE 40000 MONT DE MARSAN 0558055959 1/1
NUMERICABLE FT - DROZD BERNADETTE - DT/DIC 77437 CHAMPS SUR MARNE 0170014639 1/1
CONSEIL GENERAL - CRD ENTRE DEUX MERS RIVI 33700 MERIGNAC 0556121520 1/1
ILIAD 75008 PARIS 08 1/1
INEO INFRACOM POUR BOUYGUES TELECOM - PE 21000 DIJON 0380737496 1/1
LYONNAISE DES EAUX FRANCE CR BA 33000 BORDEAUX 0977428428 1/1
AEROPORT de MERIGNAC - Direction de l'Aviation 33704 MERIGNAC 1/1
CUB - Voirie 5eme Circonscription 33700 MERIGNAC 1/1
CUB - Departement Gestion du Trafic - Gestion DR 33000 BORDEAUX 1/1
DIRA - DISTRICT DE GIRONDE 33140 VILLENAVE D ORNON 1/1
MAIRIE - SERVICE TECHNIQUE Voirie Eclairage Pu 33705 MERIGNAC 1/1
VERIZON FRANCE - Agence de Bordeaux Fibre opt 33370 ARTIGUES PRES BORDEAUX 0170737997 1/1
Enregistrer

- Réponse des exploitants utilisateurs sous format dématérialisé, plus rapide et plans plus lisibles.
- Partage de projets entre utilisateurs DICT.fr
- Fonctionnalité permettant au responsable de projet de partager l'ensemble des éléments à fournir obligatoirement dans le DCE à l'entreprise de travaux :
  - L'ensemble des DT envoyées (pré-saisie automatique des champs pour la DICT) ;
  - L'ensemble des réponses des exploitants, avec plans notés (A, B ou C) ;
  - Les résultats des IC

# Annexe 3 : Code couleurs normalisées des réseaux selon la norme NF P 98-332

Les opérations de marquage/piquetages des réseaux enterrés se font selon des couleurs différentes en fonction des différents types d'ouvrages détectés, en conformité avec la norme NF P 98-332.

| Codes couleurs normalisées des réseaux NF P 98-332 | |
|---|---|
| | Electricité, BT, HTA ou HTB et éclairage |
| | Gaz combustibles (transport et distribution) et hydrocarbures |
| | Produits chimiques |
| | Eau potable |
| | Assainissement et Pluvial |
| | Chauffage et Climatisation |
| | Télécommunications |
| | Feux tricolores et Signalisation routière |
| | Zone d'emprise multi-réseaux |

Comme le montre la photo suivante, où figure Hubert Brerot, directeur de la société CPFD et président d'honneur de la FNEDRE, les opérations de marquage des réseaux enterrés se font selon l'environnement et la nature du terrain. Ici, une tige de couleur bleu a été installée pour montrer le passage d'un ouvrage d'eau.

# Annexe 4 : Compte-rendu de la réunion du 15 Mai 2013 de l'Observatoire régional d'Auvergne, communiqués par C. Le-Loup, adjoint chef de département de production au sein de l'unité d'intervention en Provence-Alpes-Côte d'Azur à France Telecom

LES TRAVAUX PUBLICS OBSERVATOIRE DT-DICT AUVERGNE

## OBSERVATOIRE REGIONAL DT-DICT
## LE 15 MAI 2013

| |
|---|
| CG 15 |
| CG 63 |
| DREAL |
| eRDF |
| France Telecom |
| MAITRES D'OEUVRE |
| GrDF |
| GRT GAZ |
| RTE – GET Auvergne |
| Ville de Clermont-Ferrand |
| FRTP |

1. **Approbation du compte-rendu de la réunion du 13 février 2013**

Le compte-rendu de la réunion du 13 février 2013 a été approuvé à l'unanimité.

2. **Présentation d'un retour sur expérience d'un incident sur le réseau gaz**

Denis MOLLE nous a présenté le retour d'expérience d'un incident intervenu sur le réseau gaz à Lempdes. L'incident a concerné un réseau de moyenne pression et a « coupé » 1475 clients. L'entreprise a travaillé à la pelle mécanique, hors application du guide technique. Le coût est estimé entre 5 000 et 10 000 €, surtout du fait de la procédure obligatoire de rétablir le gaz auprès de chaque client.
La DREAL a convoqué le chef de projet, l'entreprise et le maître d'œuvre GEOVAL qui, suite à cet incident, a renforcé ses procédures et le coût de ses prestations.
La présentation est jointe à ce compte-rendu.

3. **Suite des retours sur la mise en œuvre de la réforme DT-DICT et actions des partenaires**

- PROTYS : les entreprises n'arrivent pas à obtenir le code d'accès pour consulter les DT et ensuite pouvoir établir leur DICT. Il est également fait part du problème de « passerelle » entre DICT.fr, PROTYS et le guichet unique.

1

- Tous les exploitants doivent mettre leur ZIO à jour au 1er juillet 2013.
- Obligation d'envoyer la copie des DT aux conseils généraux : c'est inscrit dans les règlements de voirie. La permission de voirie est donnée avant le lancement du marché.
- La DREAL n'a pas encore sanctionné mais poursuit le « préventif ». Sur les 4 premiers mois de l'année, 23 dommages gaz ont été signalés au lieu de 27 en 2012.
- France Telecom a toujours 85% de DT-DICT conjointes. L'entreprise est désormais structurée pour effectuer des investigations complémentaires.

## 4. Actions de l'observatoire national DT-DICT

- Un nouveau membre a été intégré à l'observatoire : **ACNET** (Action de Coordination Nationale des Entreprises de Télécommunication), ce qui porte à 43 membres au sein de l'observatoire national.
- Mise en place d'ici fin 2013 d'un appel à propositions d'actions auprès des observatoires régionaux.
- Engagement de l'Observatoire national sur 2 sujets importants :
  a. La détection des réseaux : réflexion sur des travaux de recherche appliquée et de veille pour augmenter le niveau de compétence générale d'une part et d'autre part, la mise en place d'opérations de détection pour en tirer des enseignements pratiques sur le terrain. Un nouveau groupe de projet sera consacré à ce sujet. Pour cela, il sera demandé aux membres intéressés de proposer des pistes et des idées concrètes afin de définir précisément les tenants et les aboutissants, ainsi que le budget et les financements, de ce groupe de projet. Chacune des personnes, qui émettra des idées, établira et enverra au CA une note écrite pour décrire l'objet et la consistance précise de chacune de ses idées, dans un délai permettant que ce GP puisse démarrer à l'horizon de l'automne 2013.
  b. Le suivi des indicateurs : pour la collecte des données, la maille des départements semble privilégiée. Il y aura 2 familles d'indicateurs : les nationaux et les régionaux. Certains indicateurs seront fournis par les exploitants et détaillés à la maille départementale pour alimenter les observatoires.
     Les observatoires devront démarcher les exploitants locaux pour leur demander d'adhérer à la démarche d'alimentation des indicateurs.
- Information des collectivités : en plus des réunions de sensibilisation, l'Observatoire national suggère que soient progressivement mises en place des «collectivités relais» dans chaque région puis département. Ces collectivités relaieront les informations et les bonnes pratiques aux collectivités de leurs sphères de proximité respectives. Pour cela, il sera proposé aux Observatoires régionaux d'organiser des « séminaires départementaux » et d'y inviter les collectivités dont celles qu'ils auront pu identifier comme « relais » potentiels.
- Point sur la mise en place de la réforme :
  - L'application CARMEN a été tout récemment mise en ligne à l'adresse suivante http://carmen.developpementdurable.gouv.fr/199/reseauxetcanalisations.map Cette application gratuite permet de générer les fichiers informatiques correspondants aux zones d'implantation des réseaux afin de les charger sur le guichet unique. Un mode d'emploi est disponible en ligne.
    Un message à destination de toutes les communes de France est en cours de préparation pour les informer de la disponibilité de cette application.
  - L'arrêté modificatif «DTDICT» du 19 février 2013 a été publié au JO le 9 mars 2013.
  - Une réunion de synthèse et de clôture des expérimentations menées à Orléans et Perpignan est organisée le 27 mai 2013 (matinée) à la Grande Arche de La Défense. Les principaux acteurs concernés par cette expérimentation, et de manière générale par la réforme, y participeront. Les perspectives d'évolution de la réglementation pour tenir compte des enseignements issus de ces expérimentations seront présentées.
- Compte-rendu joint de la rencontre avec Claude TURREL pour faire le point sur le fonctionnement de l'observatoire Auvergne

- Le GT 3 sur l'ouverture d'un fourreau en sécurité : un outil est actuellement en cours de test.

**5. Intervention de Bénito BRUZZO, Président de l'Observatoire IDF des risques travaux sur réseaux**

L'observatoire IDF a été créé en 2002. Une réunion est faite toutes les fins de trimestre. Les exploitants apportent des statistiques avec un canevas spécifique. Les incidents étaient très nombreux, excepté la ville de Paris. Sur Paris, les incidents sont surtout réalisés dans des zones privées. Depuis 10 ans, les endommagements ont chuté de 60% en IDF.

M. BRUZZO a participé à l'élaboration de la réforme et de nombreuses informations ont été faites depuis sa parution. Des travaux sont également engagés avec l'éducation nationale pour faire intégrer cette réforme dans les formations techniques. Au 2ème semestre, il y aura un arrêté modificatif de ce décret. Depuis le lancement de cette réforme, les dommages ont baissé de 37%. Il participe aussi au comité stratégique du guichet unique pour le faire évoluer.

Concernant celui-ci, 99% des réseaux sensibles sont répertoriés. Le réseau propane n'est pas répertorié partout. M. BRUZZO a rappelé que de démarrer un chantier sans avoir els informations sur les réseaux sensibles étaient interdits. Il a expliqué également que les DT-DICT conjointes ne devaient pas être utilisées pour des marchés de longue durée et des contrats d'entretien.

En 2005, l'observatoire a créé un comité de conciliation. Il se réunit tous les 3 mois avec 5 entrepreneurs et 5 représentants des exploitants. Les décisions sont prises à l'unanimité. Le comité ne regarde pas le prix. Il recherche les responsabilités. 180 affaires uniquement TP sont traitées avec :

- 33% : la responsabilité est divisée à 50-50
- 33% : la responsabilité est celle du concessionnaire
- 33% : la responsabilité est celle des entreprises

La « partie » qui saisit le comité doit transmettre tous les éléments concernant l'incident (récépissés de DICT, plans, etc.). Ensuite, tous ces documents doivent être adressés 3 semaines avant la date du comité pour être étudié par chaque participant.

Chaque représentant nommé par un exploitant se doit d'interroger sa hiérarchie au préalable car chaque dossier doit obtenir une réponse unanime des participants.

Le Président a remercié les participants et les a conviés au déjeuner.

La prochaine réunion a été fixée le **mercredi 25 septembre 2013 à 9h** à la FRTP.

*******

3

# Annexe 5 : Notice explicative et exemple de plans joints en réponse à une DT de la part de la CPCU

| CPCU — Notre réseau renouvelle vos énergies | NOTE | |
|---|---|---|
| | JPC-DEP-N-DGR 12/083 | Rev 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **OBJET :** | **Lecture des Plans Statistiques**<br>**Principes et méthodes de déduction des classes de précision (arrêté du 15/02/12)** | | |
| NATURE : | INFORMATION | REDIGE PAR : | JP CHAMPAULT |
| ENTITE : | INGENIERIE / Spécialités Techniques & Méthodes | LE : | 16/11/2012 |
| DESTINATAIRES: | Réponses aux DT/DICT | | |

## 1 OBJET

Cette note est établie à titre transitoire pour permettre aux demandeurs de DT/DICT recevant en retour les plans statistiques de CPCU de déduire les classes de précision nouvellement introduites par la réglementation en attendant que leurs repérages soient reportés directement sur les documents.

## 2 CONTEXTE

L'arrêté du 15/02/2012 sur les travaux à proximité des réseaux enterrés demande aux exploitants d'indiquer sur leurs plans la classe de précision qualifiant la fiabilité de la représentation de leurs ouvrages. En raison du développement historique de son réseau et, conjointement, du patrimoine documentaire qui l'accompagne, les plans dits « Statistiques » de CPCU peuvent représenter sur un même document des portions d'ouvrages réalisées et donc dessinées à différentes époques et selon différentes méthodes. Ceci conduit à une hétérogénéité possible de classes de précision sur un même plan selon les parties d'ouvrages représentées.
CPCU va entreprendre un travail de repérage des classes de précision sur l'ensemble de la collection de ses plans statistiques (5000 environ) au cours du premier semestre 2013. Par anticipation, cette note décrit les principes et méthodes de qualification qui ont été retenues par CPCU et qui permettront aux utilisateurs de déduire dès maintenant les classes de précision qui apparaîtront explicitement sur les plans une fois cette révision d'envergure achevée.

## 3 PRINCIPES GENERAUX

CPCU applique depuis 2003 le récolement à fouilles ouvertes par des cabinets de géomètres qualifiés pour les travaux neufs de développement ou de modification de ses canalisations et branchements. Elle a étendu cette pratique depuis 2006 aux travaux d'entretien occasionnant une ouverture sur caniveau d'un linéaire supérieur à 6m. En conséquence :

- Classe A : précision du tracé < 0.40m ⇨ sur les dessins établis suite à un relevé à fouilles ouvertes
- Classe B : 0.40m ≤ précision du tracé < 1.50m ⇨ sur les dessins issus de la numérisation des calques historiques originaux.

## 4 METHODES D'ANALYSE DES PLANS

Les épisodes de travaux (construction initiale ou intervention d'entretien) sont repérables en premier lieu par les encarts descriptifs des travaux mis en page dans les cartouches et en second lieu par les limites de leurs emprises géographiques reportées sur les vues en plan et les profils en long. La liaison entre les deux se fait via un identifiant présent aux deux endroits :

- Le numéro de projet (nom de baptême affecté à la canalisation) pour les travaux de première construction
- Le numéro d'opération pour les travaux d'entretien

D'autre part, le profil en long des ouvrages ayant été relevés à fouilles ouvertes a été redessiné et est mis en page d'une manière additionnelle se repérant par un aspect différent du profil d'origine qui se caractérise par une image pixellisée.

Les conditions nécessaires à une qualification en classe A sont illustrées çi après. Si elles ne peuvent être satisfaites, le dessin doit être considéré en classe B.

CPCU
*Notre réseau renouvelle vos énergies*

## 4.1 Illustration pour un plan de Corps de Rue

**Cartouche**

- Construction d'origine < à 2003 ⇨ **classe B**
- Travaux d'entretien ≥ à 2006 + profil redessiné ⇨ **classe A**

CPCU
Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain

185 , RUE DE BERCY . 75579 PARIS CEDEX 12

STATISTIQUE

15

Rue FALGUIERE

folio 139-95 / 144-108

PLAN

Echelle : 1 / 200

Classes de précision déduites

LISTE DES FOLIOS POUR CETTE RUE :

| | |
|---|---|
| F139-95 | F95-43 |
| F144-108 | F108-40 |

| Classe de précision selon l'arrêté du 15/02/12 (voir définition des emprises sur la vue en plan) | B | A | A |
|---|---|---|---|
| N° DE TRONCON | SW16 | SW16 | SW16 |
| EMPLACEMENT | Entre la place FALGUIERE et la rue du COTENTIN | De la Ch 333 au Brt n°04228 | Du n°140 au n°108 |
| N° DE PROJET | 000-001 1 | 000-001 1 | 001-001 1 |
| Ou N° D'OPERATION | | Entretien structurant 2009 | Entretien structurant 2010 |
| Exécuté du | 24/05 au 22/10/63 | 04/01/2010 au 30/03/2010 | du 26/06/10 au 21/01/11 |
| Raccordement du | 10/12/63 | 12/03/2010 | 17/01/2011 |
| Longueur déclarée à la D.V.P. | 23082 m | Néant | Néant |
| Longueur dans le domaine privé | Néant | Néant | Néant |
| ENTREPRISE DE GENIE CIVIL | LEFRANCOIS | LANG TP | LANG TP |
| ENTREPRISE DE TUYAUTERIE | Chaudronnerie Nantaise | SOGECA | CTM |
| Tuyauterie Vapeur — Longueur en m | 23082 | Inchangée | Inchangée |
| Tuyauterie Vapeur — ø extérieur en mm | 326&0 | 326,0 | 326,0 |
| Tuyauterie Vapeur — Epaisseur en mm | 13,0 | 13,0 | 13,0 |
| Tuyauterie retour d'eau — Longueur en m | 23082 | 3333 | 71,22 |
| Tuyauterie retour d'eau — ø extérieur en mm | 273,0 | 273,0 | 273,0 |
| Tuyauterie retour d'eau — Epaisseur en mm | 6,30 | 6,30 | 6,30 |
| ENTREPRISE DE CALORIFUGEAGE | Pont à Mousson | ISOPAC | ISOPAC |
| Nature du revêtement isolant | Coquilles ISOVER | Laine de roche | Laine de roche |
| Conducteur de travaux | | GUELF / DIXIS | GUELF / DIXIS |
| DESSINE PAR | D.E. | DARNAUD | DARNAUD |
| DATE | 19/05/64 | 15/03/2010 | 10/01/11 |
| VERIFIE PAR | G.P. | | |

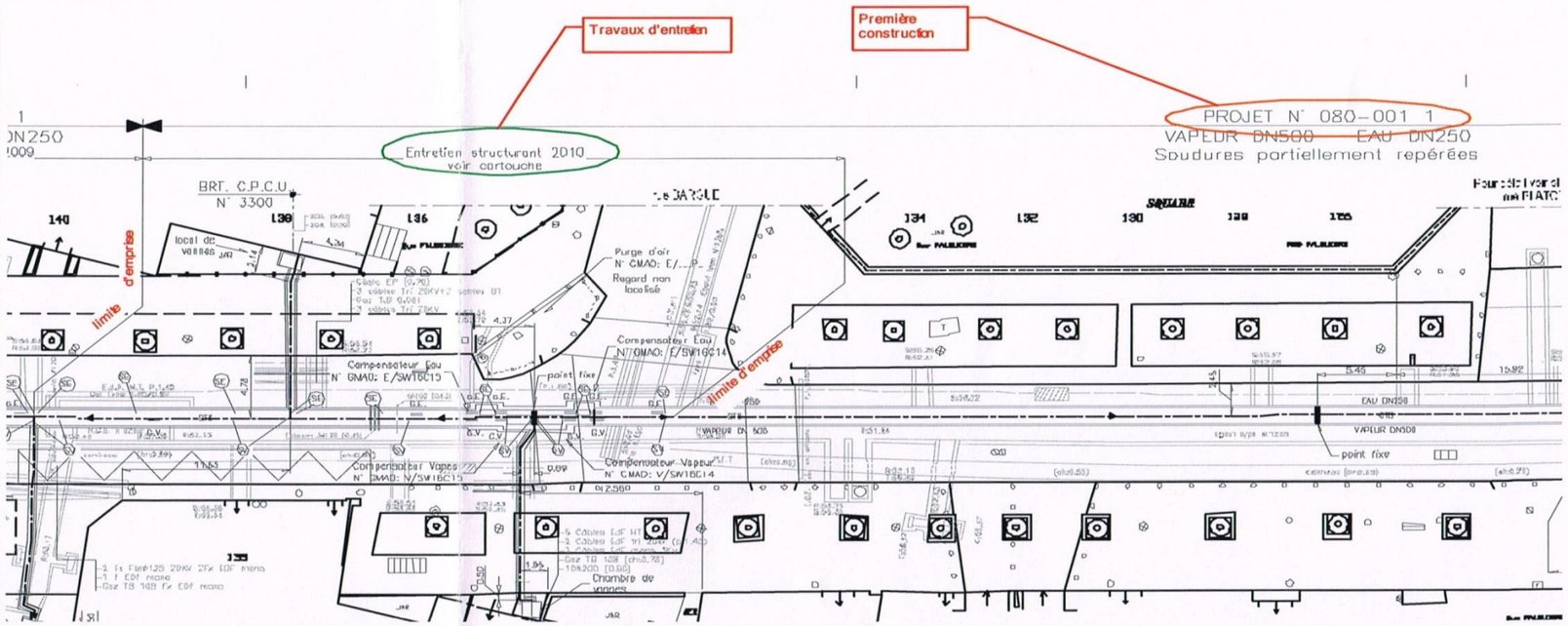
dates des travaux

Première construction

Travaux d'entretien

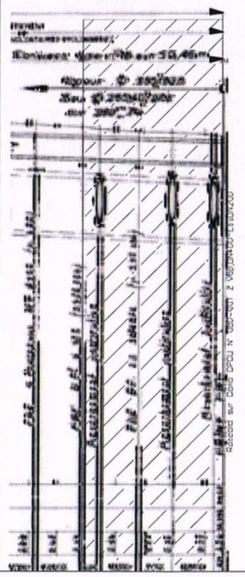
Fichier : FALGUIERE_rue_f139-95_75015.dwg dans le COFFRE_CPCU_DISTRIBUTION

**Vue en plan**

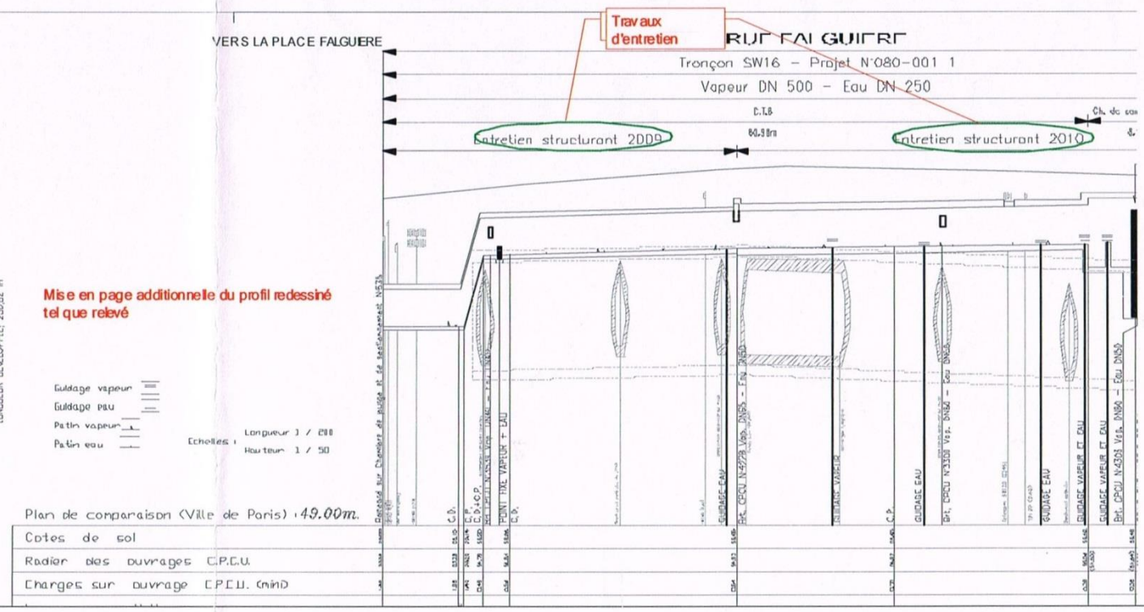



**Profil en long**

image numérisée du profil d'origine



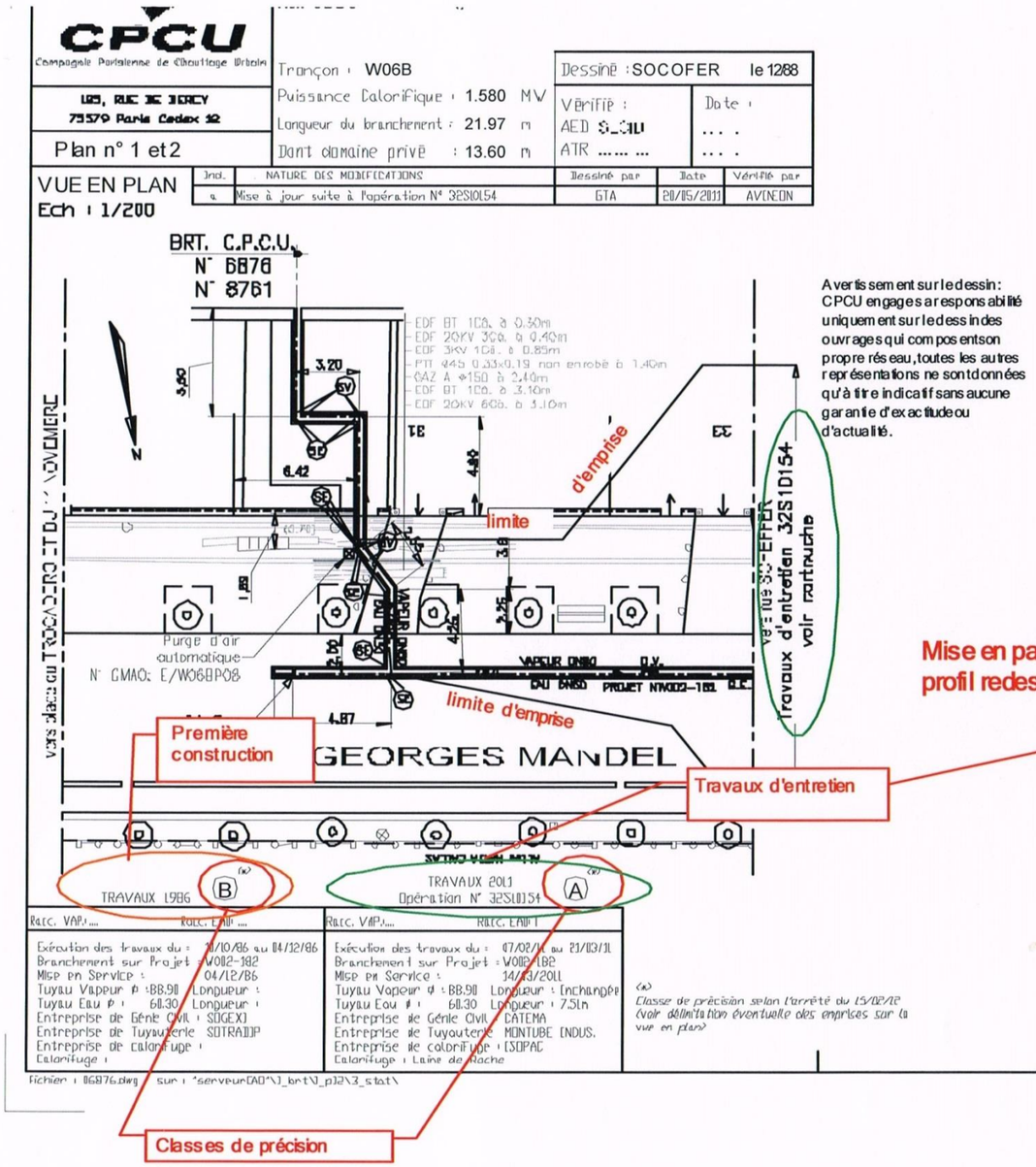
Mise en page additionnelle du profil redessiné tel que relevé


VERS LA PLACE FALGUIERE
Travaux d'entretien
RUE FALGUIERE
Tronçon SW16 - Projet N°080-001 1
Vapeur DN 500 - Eau DN 250
Entretien structurant 2009
Entretien structurant 2010
Guidage vapeur
Guidage eau
Patin vapeur
Patin eau
Echelles : Longueur 1 / 200 Hauteur 1 / 50
Plan de comparaison (Ville de Paris) : 49.00m.
Cotes de sol
Radier des ouvrages C.P.C.U.
Charges sur ouvrage C.P.C.U. (mini)

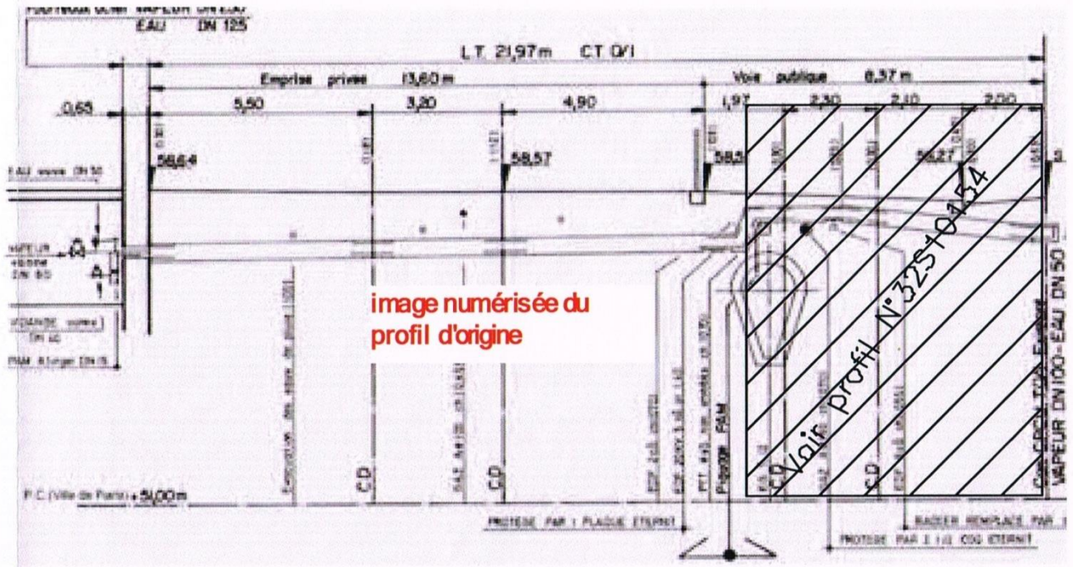
CPCU
Notre réseau renouvelle vos énergies

## 4.2 Illustration pour un plan de branchement

- Construction d'origine < à 2003 ⇨ **classe B**
- Travaux d'entretien ≥ à 2006 + profil redessiné ⇨ **classe A**

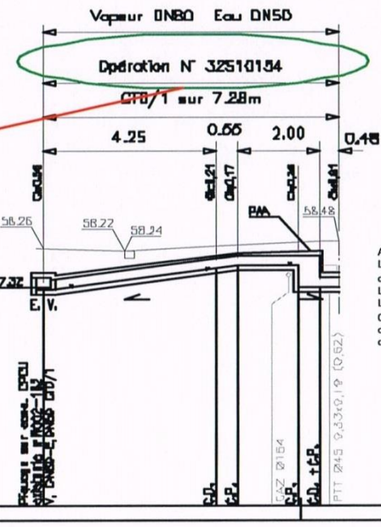

CPCU
Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain
125, RUE DE BERCY
75579 Paris Cedex 12
Plan n° 1 et 2
Tronçon : W06B
Puissance Calorifique : 1.580 MW
Longueur du branchement : 21.97 m
Dont domaine privé : 13.60 m
Dessiné : SOCOFER le 1288
Vérifié : AED S_CHU
ATR ..... ...
Date : ... .
Ind. NATURE DES MODIFICATIONS Dessiné par Date Vérifié par
a Mise à jour suite à l'opération N° 32S10154 GTA 20/05/2011 AVINCOIN
VUE EN PLAN
Ech : 1/200
BRT. C.P.C.U.
N° 6876
N° 8761
EDF BT 1Cà. à 0.30m
EDF 20KV 3Cà. à 0.40m
EDF 3KV 1Cà. à 0.85m
PTT 945 0.33x0.19 non enrobé à 1.40m
GAZ A ø150 à 2.40m
EDF BT 1Cà. à 3.10m
EDF 20KV 6Cà. à 3.10m
3.20
6.42
4.87
limite
d'emprise
limite d'emprise
Purge d'air automatique
N° GMAO: E/W06BP08
VAPEUR DN80
EAU DN50 PROJET NW002-182
GEORGES MANDEL
Travaux d'entretien 32S10154 voir cartouche
Première construction
Travaux d'entretien
TRAVAUX 1986
(B)
TRAVAUX 2011
Opération N° 32S10154
(A)
Racc. VAP.:... Racc. EAU: ...
Exécution des travaux du : 01/10/86 au 04/12/86
Branchement sur Projet : W002-182
Mise en Service : 04/12/86
Tuyau Vapeur ø : 88.90 Longueur :
Tuyau Eau ø : 60.30 Longueur :
Entreprise de Génie Civil : SOGEXI
Entreprise de Tuyauterie SOTRAMIP
Entreprise de calorifuge :
Calorifuge :
Racc. VAP.:... Racc. EAU: ...
Exécution des travaux du : 07/02/11 au 21/03/11
Branchement sur Projet : W06B-182
Mise en Service : 14/03/2011
Tuyau Vapeur ø : 88.90 Longueur : inchangée
Tuyau Eau ø : 60.30 Longueur : 7.5m
Entreprise de Génie Civil : EATEMA
Entreprise de Tuyauterie MONTUBE INDUS.
Entreprise de calorifuge : ISOPAC
Calorifuge : Laine de Roche
(x) Classe de précision selon l'arrêté du 15/02/12 (voir délimitation éventuelle des emprises sur la vue en plan)
Fichier : 06876.dwg sur : "serveurCAO"\J_brt\J_p12\3_stat\

Avertissement sur le dessin:
CPCU engage sa responsabilité uniquement sur le dessin des ouvrages qui composent son propre réseau, toutes les autres représentations ne sont données qu'à titre indicatif sans aucune garantie d'exactitude ou d'actualité.




PROFIL
Ech : 1/100

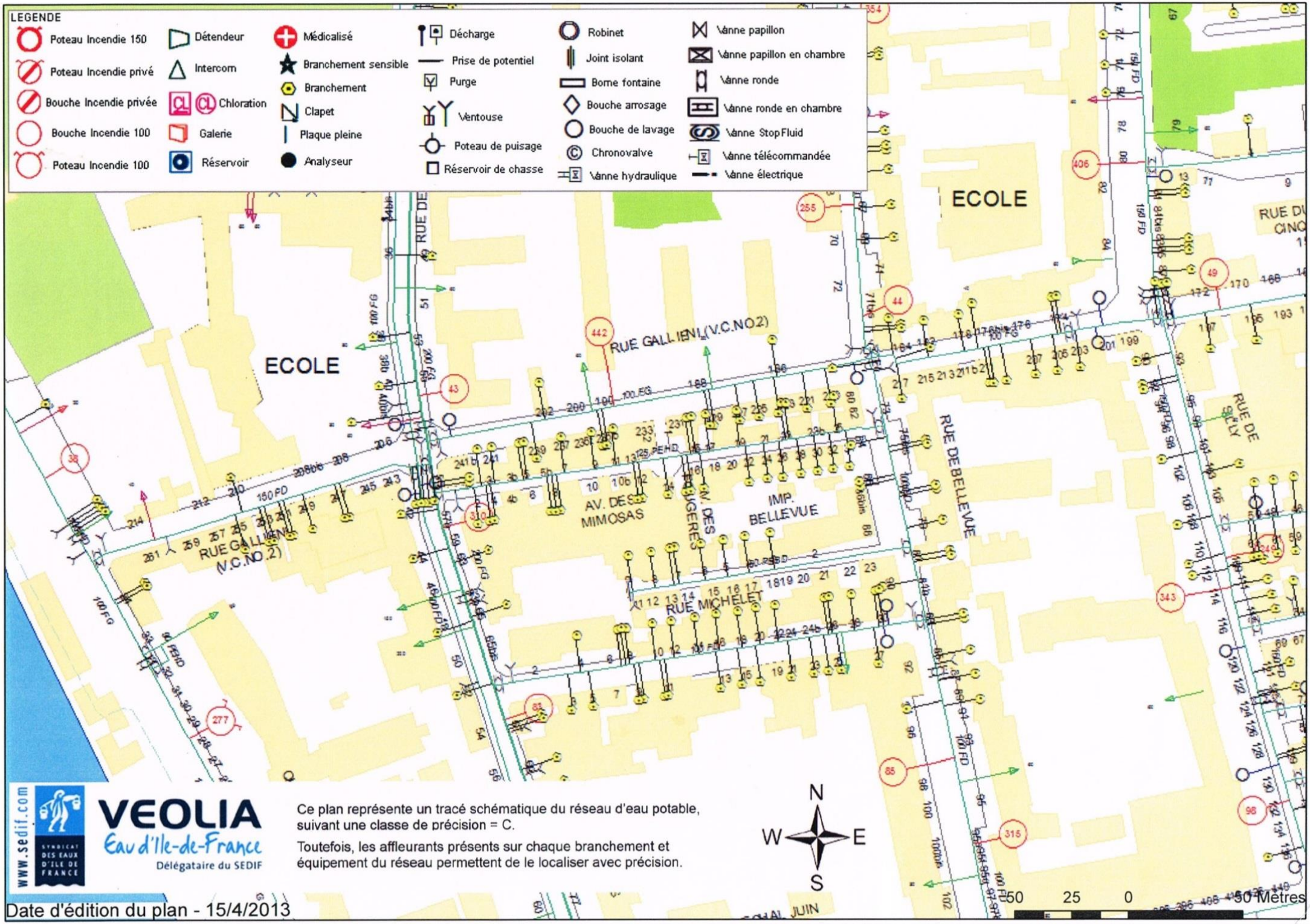
**Mise en page additionnelle du profil redessiné tel que relevé**


Vapeur DN80 Eau DN50
Opération N° 32S10154
CT0/1 sur 7.28m
4.25
0.65
2.00
0.48
58.26
58.22
58.24
58.48
PMA
Pour les concessionnaires en dessous du radier, voir le profil d'origine
N-67.32
Patin vapeur
Patin eau
C.V.
Avertissements :
Les charges et les altitudes des sol correspondent à l'état de la voie au moment de l'établissement du plan.
L'utilisateur s'assurera de sa mise à jour.
Les charges inférieures à 0.70m sous chaussée ou 0.50m sous trottoirs sont le résultat des dérogations obtenues pour permettre le franchissement de zones encombrées
Ville de Paris) 52,00m

COUPE C
Ech :

Classes de précision

# Annexe 6 : Exemple de plan extrait du SIG de Veolia Eau IDF, joint en réponse à une DICT




www.sedif.com

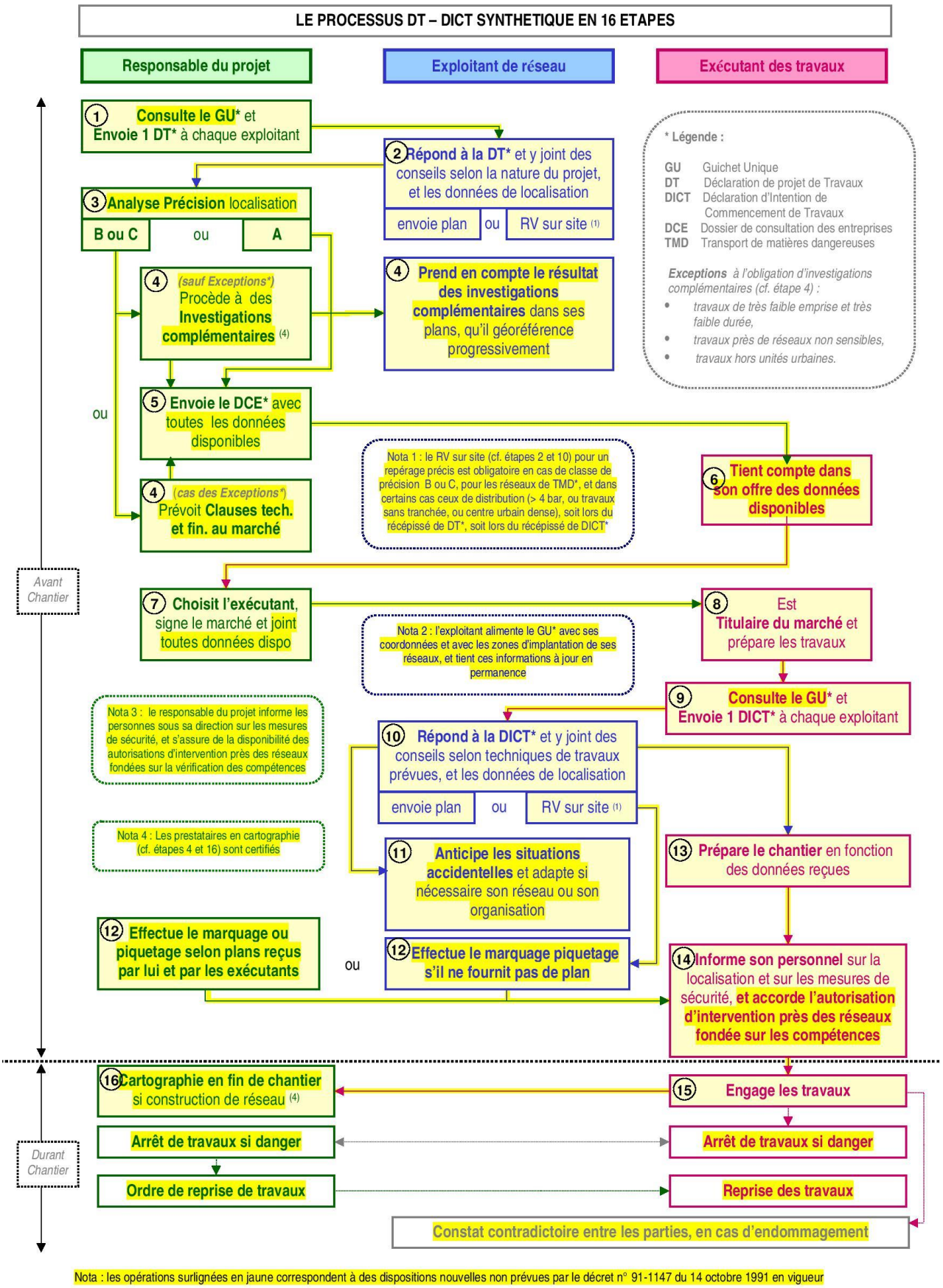
VEOLIA
Eau d'Ile-de-France
Délégataire du SEDIF

Ce plan représente un tracé schématique du réseau d'eau potable, suivant une classe de précision = C.

Toutefois, les affleurants présents sur chaque branchement et équipement du réseau permettent de le localiser avec précision.

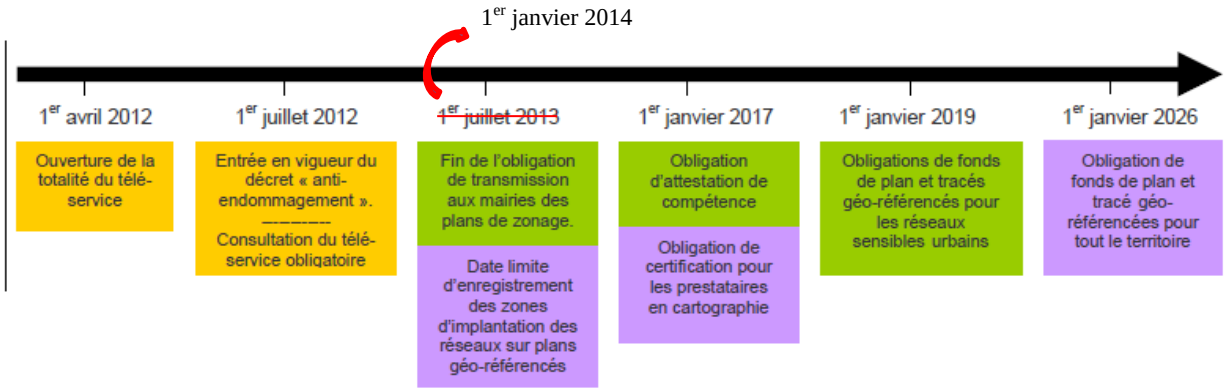
Date d'édition du plan - 15/4/2013

# Annexe 7 : Processus DT/DICT synthétisé en 16 étapes


LE PROCESSUS DT – DICT SYNTHETIQUE EN 16 ETAPES
Responsable du projet
Exploitant de réseau
Exécutant des travaux
1 Consulte le GU* et Envoie 1 DT* à chaque exploitant
2 Répond à la DT* et y joint des conseils selon la nature du projet, et les données de localisation
envoie plan ou RV sur site (1)
3 Analyse Précision localisation
B ou C ou A
4 (sauf Exceptions*) Procède à des Investigations complémentaires (4)
4 Prend en compte le résultat des investigations complémentaires dans ses plans, qu'il géoréférence progressivement
ou
5 Envoie le DCE* avec toutes les données disponibles
4 (cas des Exceptions*) Prévoit Clauses tech. et fin. au marché
Nota 1 : le RV sur site (cf. étapes 2 et 10) pour un repérage précis est obligatoire en cas de classe de précision B ou C, pour les réseaux de TMD*, et dans certains cas ceux de distribution (> 4 bar, ou travaux sans tranchée, ou centre urbain dense), soit lors du récépissé de DT*, soit lors du récépissé de DICT*
6 Tient compte dans son offre des données disponibles
Avant Chantier
7 Choisit l'exécutant, signe le marché et joint toutes données dispo
Nota 2 : l'exploitant alimente le GU* avec ses coordonnées et avec les zones d'implantation de ses réseaux, et tient ces informations à jour en permanence
8 Est Titulaire du marché et prépare les travaux
9 Consulte le GU* et Envoie 1 DICT* à chaque exploitant
Nota 3 : le responsable du projet informe les personnes sous sa direction sur les mesures de sécurité, et s'assure de la disponibilité des autorisations d'intervention près des réseaux fondées sur la vérification des compétences
10 Répond à la DICT* et y joint des conseils selon techniques de travaux prévues, et les données de localisation
envoie plan ou RV sur site (1)
Nota 4 : Les prestataires en cartographie (cf. étapes 4 et 16) sont certifiés
11 Anticipe les situations accidentelles et adapte si nécessaire son réseau ou son organisation
13 Prépare le chantier en fonction des données reçues
12 Effectue le marquage ou piquetage selon plans reçus par lui et par les exécutants
ou
12 Effectue le marquage piquetage s'il ne fournit pas de plan
14 Informe son personnel sur la localisation et sur les mesures de sécurité, et accorde l'autorisation d'intervention près des réseaux fondée sur les compétences
16 Cartographie en fin de chantier si construction de réseau (4)
15 Engage les travaux
Durant Chantier
Arrêt de travaux si danger
Arrêt de travaux si danger
Ordre de reprise de travaux
Reprise des travaux
Constat contradictoire entre les parties, en cas d'endommagement
* Légende :
GU Guichet Unique
DT Déclaration de projet de Travaux
DICT Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux
DCE Dossier de consultation des entreprises
TMD Transport de matières dangereuses
Exceptions à l'obligation d'investigations complémentaires (cf. étape 4) :
travaux de très faible emprise et très faible durée,
travaux près de réseaux non sensibles,
travaux hors unités urbaines.

Nota : les opérations surlignées en jaune correspondent à des dispositions nouvelles non prévues par le décret n° 91-1147 du 14 octobre 1991 en vigueur

# Annexe 8 : Calendrier de mise en œuvre du plan anti-endommagement


1er janvier 2014
1er avril 2012
Ouverture de la totalité du télé-service
1er juillet 2012
Entrée en vigueur du décret « anti-endommagement ».
Consultation du télé-service obligatoire
1er juillet 2013
Fin de l'obligation de transmission aux mairies des plans de zonage.
Date limite d'enregistrement des zones d'implantation des réseaux sur plans géo-référencés
1er janvier 2017
Obligation d'attestation de compétence
Obligation de certification pour les prestataires en cartographie
1er janvier 2019
Obligations de fonds de plan et tracés géo-référencés pour les réseaux sensibles urbains
1er janvier 2026
Obligation de fonds de plan et tracé géo-référencées pour tout le territoire

# Annexe 9 : Présentation des principaux ouvrages à détecter et des risques afférents

## I. Réseaux sensibles pour la sécurité

### I.1 - Réseaux électriques

La distinction entre les différents types de réseaux électriques se fait par domaine de tension ou par méthode fonctionnelle, à travers laquelle nous les classons de la manière suivante :

- Les réseaux de circulation d'énergie ;
- Les installations de traction électrique, devant être mises hors tension lors des travaux sur ou à proximité, afin d'éviter tout accident ;
- Les infrastructures électriques d'éclairage public et privé, ainsi que les alimentations de télécommunication.

Par domaines de tension (T), les réseaux électriques sont classés ainsi :

- Basse Tension (BT) : Courant alternatif : 50 V< T <1 kV / Courant continu : 120 V< T <1,5 kV ;
- Haute Tension type A (HTA) : Courant alternatif : 1 kV< T <50 kV / courant continu : 1,5 kV< T < 75 kV ;
- Haute Tension type B (HTB) : Courant alternatif T >50 kV / Courant continu : T >75 kV.

Les riverains et les travailleurs sur ou à proximité des conducteurs, qui sont sous tension ou soumis aux phénomènes d'induction magnétique ou de couplage capacitif, sont exposés un risque mortel lors d'un contact ou d'un amorçage quel que soit le domaine de tension. Par ailleurs, lors des courts-circuits, ces personnes courent des risques significatifs, que ça soit des brûlures, des éblouissements, des effets souffle ou encore à des traumatismes sonores.

### I.2 - Ouvrages gaziers

Nous distinguons deux types d'ouvrages gaziers, les réseaux de transport et de distribution :

→ Les réseaux de transport :

De diamètres compris entre 2,5 cm et 1,2 m, les ouvrages de transport sont généralement exploités en haute pression (HP>16 bars), voire même dans certains cas en moyenne pression B (50 mbar < MPB < 400 mbar). Ces ouvrages, composés d'acier enveloppé en CMR, PE, bitume de pétrole, ou revêtement expérimental, avec une éventuelle protection mécanique, sont repérables à l'aide de certains éléments de couleur jaune posés à proximité. Ces éléments avertisseurs peuvent être, par exemple, des bornes situées à proximité, ou des plaques de repérage.

→ Les ouvrages de distribution :

Nous pouvons classer ces ouvrages selon la pression supportée et le matériau de construction:

- La basse pression (BP < 50bars), est utilisée dans des ouvrages en PE, acier, fonte ductile, tôle bitumée, ou plomb ;
- La moyenne pression A ou B (50 mbar < MPA < 400 mbar / 400 mbar < MPB < 4 bar), est commode à des ouvrage en PE, acier, ou cuivre ;
- La moyenne pression C (4 bar< MPC < 25 bar), est déployée pour des ouvrages en PE jusqu'à 8 bar ou en acier.

Ces ouvrages de distribution sont généralement repérables grâce aux bornes, aux affleurant posés sur le surface du sol, ou parfois même grâce à la présence de grillage avertisseur.

Les risques liés à un contact accidentel avec les ouvrages gaziers peuvent être très dramatiques. Ces accidents peuvent être des fuites de gaz avec des explosions et l'envoi de chaleur en cas d'inflammation. Il y a aussi des risques de corrosions de la canalisation lors d'un contact non signalé.
*Exemple : 36 victimes dont un pompier mort et entre 500 et 1000 personnes évacuées, lors d'un perçage accidentel sur une conduite de gaz à Lyon, 2008.*

**Dégâts engendrés par une explosion de gaz (Lyon, 2008) [Photographie de Joël Philippon]**

### I.3 - Réseaux de chaleur

En termes de matériau de construction, nous distinguons deux types d'ouvrages: le premier doté d'une canalisation en acier isolé, dont l'épaisseur varie entre 2,5 et 15mm et la profondeur de pose est en moins équivalente à 40 cm, et le deuxième dispose d'une canalisation pré-isolée avec une mousse de polyuréthane. Les réseaux de chaleur peuvent contenir de:

- L'eau chaude : $T_{maxi}$ = 110°C / 4 bars < P < 20 bars ;
- L'eau surchauffée : 130°C < T < 180°C / 12 bars < P < 24 bars ;
- La vapeur : 160 °C < T < 240 °C / 5 bars < P < 25 bars ;

Comme pour tous les autres réseaux sensibles, les risques afférents à un endommagement de ce type de canalisation reste non négligeable. Il s'agit en général d'accidents issus d'un écoulement d'eau chaude ou d'une vaporisation dans l'air, et qui peuvent générer, par exemple, des brulures graves pour les travailleurs.

### I.4 - Ouvrages chimiques et d'hydrocarbures

De diamètres situés entre 2,5 cm et 1,5 m et de pressions de service allant de 1 bar à 100 bars, les canalisations transportant les objets chimiques et hydrocarbures sont quasiment identiques en termes de matériau de construction que celles de transport gazier. Nous retrouvons aussi de l'acier enveloppé en CMR, PE, bitume de pétrole, fibres minérales, avec une éventuelle protection mécanique. Par ailleurs, toujours comme pour les ouvrages de transport gazier, ces réseaux chimiques et d'hydrocarbures sont repérables grâce aux mêmes éléments qui sont posés à proximité et non par sur l'aplomb du réseau.

Les fuites issues de ces ouvrages proviennent principalement des corrosions et de fissurations des canalisations. Elles peuvent engendrer du bruit extrême, des anoxies, des inflammations, des explosions, et des endommagements de l'environnement autour.

## II. Réseaux non-sensibles pour la sécurité

### II.1 - Réseaux de télécommunication

Les réseaux de télécommunication sont généralement alimentés en tension continue de 48 V, et en intensité qui ne dépasse pas les 60 mA. Toutefois, certaines installations suscitent plus de tension : 110 V, voire même 400 V.

De diamètres allant de 2,8 cm à 10 cm, les canalisations, enrobées de béton, sont généralement fabriquées en PVC. Elles contiennent généralement des câbles en cuivre ou des fibres optiques.

L'ensemble des ouvrages de télécommunications, y compris les équipements de répartition et de raccordement, garantissent aux clients des services téléphoniques, ADSL, de multimédia, de télésurveillance…

Même si ces réseaux ne sont pas considérés comme sensibles pour la sécurité, ils sont très sensibles à la vie économique surtout de l'interruption des services offerts par ces réseaux surtout pour des clients dits « sensibles » comme les centres hospitaliers, gouvernementaux, industriels sensibles, administratifs…
*Exemple : Coupure du site internet du Ministère de la Défense suite à un accident sur une canalisation de fibres optiques dans le projet de tramway à Vélizy-Villacoublay, 2011.*

### III.2 - Réseaux d'eau potable

Pour ces ouvrages, la fonte constitue la matière principale de la canalisation utilisée. Ensuite vient des matériaux comme l'acier, le béton, le PE, le PVC, le plomb…

Avant que l'eau potable arrive à chaque usager, il passe par une chaine constituée par trois axes principaux qui sont le traitement/production, le stockage/transport, et la distribution.
La canalisation relative à ce dernier axe, supporte des pressions comprises entre 2 et 10 bars. Par ailleurs, celle de transport peut supporter même des pressions allant de 3 jusqu'à 80 bars. Elle peut être parfois accompagnée de câbles de protection cathodique ou de commande de vanne qui servent aussi à sa localisation en utilisant des techniques de détection électromagnétique. Ce qui permet d'éviter l'insertion d'une sonde au sein de l'ouvrage ou l'usage des radars géologiques dont l'utilisation et l'interprétation des résultats sont parfois complexes.

En cas d'endommagement accidentel sur une canalisation d'eau potable, il existe toujours le risque d'inondation du chantier, voire zones à proximité.
*Exemple : Inondation à l'entrée de l'hôpital général de Dijon, 2011.*

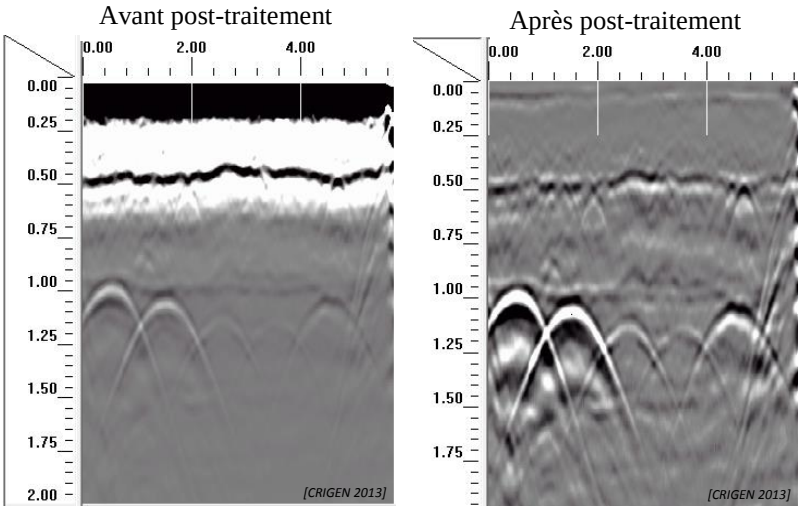
### II.3 - Ouvrages d'assainissement

De types unitaires ou séparatifs, les ouvrages d'assainissement sont de géométrie et dimension variables. Les canalisations sont principalement constituées de PVC, de PRV, de matériaux de synthèse, de béton armé, ou de fonte.

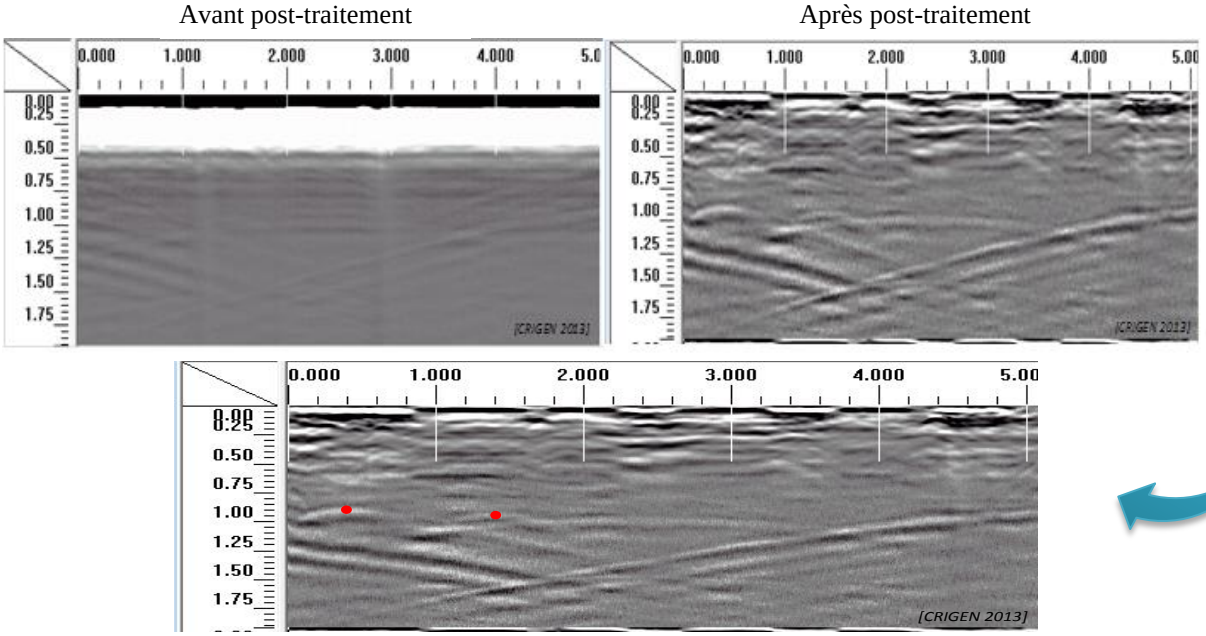
Considérés comme non-sensibles aux yeux de la nouvelle réglementation, ces réseaux comportent des grands risques pour les tiers et pour l'environnement. En effet, Lors d'un endommagement d'une canalisation d'assainissement, il existe d'une part des risques biologiques se manifestant par la présence de virus, parasites, bactéries et champignons. Et d'autre part des risques chimiques illustrés par l'éventuelle présence de gaz toxiques mortel.
*Exemple : Mort de quatre employés suite à une intoxication par H2S, lors curage d'une chambre à sable à Poissy, 2006.*

# Annexe 10 : Radargrammes illustrant l'importance de la nature du terrain et du post-traitement sur les données extraites du géoradar

## I. Exemples avec échelles différentes sur les deux zones




**Radargrammes issus d'un milieu sableux peu conducteur [CRIGEN, 2013]**




**Radargrammes issus d'un milieu plus conducteur de terre végétale [CRIGEN, 2013]**

## II. Remarques

- Plus un milieu est conducteur, plus la détection est difficile
- Chaque profil radar est présenté par deux radargrammes : Un radargramme brute obtenu sur le terrain et un autre obtenu après un post-traitement. Nous remarquons que nous pouvons améliorer la qualité des images et ainsi en tirer les informations nécessaires sur la mesure des profondeurs de réseaux après un post-traitement.

# Annexe 11 : Trame de sortie du carnet de de la station totale Viva TS15 suite à la détection et au géoréférencement d'un ouvrage

| ID. Point levé | X | Y | Z | ID. Point détecté | Fréquence de l'émission (Hz) | Profondeur détectée (mm) | Intensité reçue (mA) | Sens du courant | CQ 2D | CQ Alti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CE20** | 595664.723 | 126059.499 | 38.908 | | | | | | 0,00 | 0,00 |
| **CE2** | 595749.787 | 126074.813 | 34.532 | | | | | | 0,00 | 0,00 |
| **1000** | 595699.649 | 126051.652 | 33.198 | | | | | | 0,20 | 0,00 |
| **LEVI.1** | 595712.704 | 126107.001 | 32.084 | 1 | 491 | 939 | 32 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEVI.2** | 595712.763 | 126106.219 | 32.098 | 2 | 491 | 909 | 32 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEVI.3** | 595712.602 | 126104.857 | 31.984 | 3 | 491 | 809 | 32 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEV.4** | 595712.170 | 126103.342 | 31.937 | 4 | 491 | 843 | 33 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEV.5** | 595711.622 | 126102.001 | 31.864 | 5 | 491 | 822 | 34 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEV.6** | 595710.945 | 126099.972 | 31.803 | 6 | 491 | 790 | 34 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEV.7** | 595710.275 | 126098.212 | 31.890 | 7 | 491 | 882 | 34 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEV.8** | 595709.893 | 126096.960 | 31.841 | 8 | 491 | 854 | 34 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEV.9** | 595709.218 | 126095.651 | 32.003 | 9 | 491 | 1048 | 35 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEVI.10** | 595708.745 | 126093.898 | 31.995 | 10 | 491 | 997 | 34 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEVI.11** | 595707.874 | 126091.559 | 31.860 | 11 | 491 | 876 | 34 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEVI.12** | 595707.257 | 126089.494 | 31.832 | 12 | 491 | 797 | 36 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEVI.13** | 595706.477 | 126087.141 | 31.779 | 13 | 491 | 729 | 36 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEVI.14** | 595705.881 | 126085.437 | 31.800 | 14 | 491 | 863 | 38 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEVI.15** | 595704.999 | 126083.368 | 31.836 | 15 | 491 | 855 | 37 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEVI.16** | 595704.123 | 126080.621 | 31.878 | 16 | 491 | 761 | 37 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEVI.17** | 595703.356 | 126078.596 | 31.761 | 17 | 491 | 538 | 36 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEVI.18** | 595702.838 | 126076.907 | 31.822 | 18 | 491 | 600 | 35 | 0 | 0.002 | 0.001 |
| **LEVI.19** | 595701.928 | 126073.708 | 31.849 | 19 | 491 | 819 | 39 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.20** | 595701.238 | 126071.830 | 31.772 | 20 | 491 | 828 | 44 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.21** | 595698.938 | 126066.782 | 31.838 | 21 | 491 | 384 | 49 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.22** | 595698.554 | 126065.078 | 31.869 | 22 | 491 | 290 | 49 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.24** | 595697.014 | 126059.774 | 31.891 | 23 | 491 | 575 | 43 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.25** | 595696.279 | 126057.956 | 31.715 | 24 | 491 | 599 | 41 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.26** | 595696.052 | 126057.219 | 31.613 | 25 | 491 | 476 | 41 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.27** | 595695.470 | 126055.567 | 31.707 | 26 | 491 | 588 | 38 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.28** | 595694.744 | 126053.377 | 31.712 | 27 | 491 | 678 | 38 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.29** | 595693.859 | 126051.412 | 31.727 | 28 | 491 | 754 | 36 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.30** | 595693.310 | 126049.752 | 31.715 | 29 | 491 | 704 | 35 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.31** | 595692.555 | 126047.511 | 31.673 | 30 | 491 | 811 | 37 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.32** | 595692.204 | 126046.318 | 31.726 | 32 | 491 | 712 | 36 | 0 | 0.002 | 0.000 |
| **LEVI.33** | 595691.650 | 126044.630 | 31.724 | 33 | 491 | 629 | 36 | 0 | 0.002 | 0.000 |

# Annexe 12 : Devis relatif à la détection et au géoréférencement d'un réseau de fibre optique, réalisé par Alpes Topo, avant l'apparition de la nouvelle réforme DT/DICT

**16, Avenue Franklin Roosevelt**
**13600 La Ciotat Cedex**
**: 0442831159**
**: 0442834066**

**FORCLUM NUMERIQUE**
**117 rue du LANDY**
**93 213 Saint DENIS**
**a l'attention de M.COLLET**

**Ref : DEV/JC/248/2011**

**La Ciotat le 17/10/2011**

Monsieur ,

Suite a notre entretien téléphonique du 14/10/11 , je vous prie de bien vouloir trouver ci dessous notre meilleure proposition de prix pour la réalisation des relevés topographiques d'un réseau de fibre optique, soit :

**- Récolement topographique de précision submétrique de 128.5 km d'une fibre optique et des chambres associées vers Aix en Provence.**

- Relevé topographique ( Scan et GPS ) des traces visibles au sol a 250 €/HT le km, **soit 62 km x 250 € ..... 15 500 €/HT.**

- Détection par induction et relevé topographique ( GPS et tachéomètre) des secteurs sans trace a 425 €/HT le km , **soit 66.5 km x 425 €..... 28 262.50 €/HT**

**Soit un montant total de ..... 43 762.50 €/HT**

Rendu des fichiers au format DWG dans le système Lambert 93 , sous forme d'une poly-ligne 2D et emplacements des chambres par triangle ( validé par Graphland ).

- Echéance : **121, 5 km le 17/02/2012**
**7, 0 km le 24/02/2012**

Restant a votre entière disposition pour toutes précisions supplémentaires et vous remerciant pour cette consultation.

Cordialement

ALPES TOPO
16, Avenue Franklin Roosevelt
13600 LA CIOTAT
Tél : 04 42 83 11 59
Fax : 04 42 83 40 66

S.A.R.L. au capital de 114 000 Euros R.C. Marseille B 353 775 935 – SIRET 353 775 935 00000 – Code APE 7112 A
Compte 30077 01010 0000250231D 23 – Société Marseillaise de Crédit – 7 Boulevard Guérin – 13600 La Ciotat